



**PENGARUH BAROTRAUMA AURIS TERHADAP GANGGUAN PENDENGARAN  
PADA NELAYAN PENYELAM DI KECAMATAN PUGER  
KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI  
( PENELITIAN OBSERVASIONAL )**

Oleh :

**Ulil Abshor  
NIM 032010101052**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2008**



**PENGARUH BAROTRAUMA AURIS TERHADAP GANGGUAN PENDENGARAN  
PADA NELAYAN PENYELAM DI KECAMATAN PUGER  
KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

Diajukan Guna Melengkapi Tugas Akhir dan Memenuhi Syarat-syarat untuk menyelesaikan  
Program Studi Pendidikan Dokter (S1) dan mencapai gelar  
sarjana kedokteran

Oleh :

**Ulil Abshor  
NIM 032010101052**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2008**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Almamater Fakultas Kedokteran Universitas Jember
2. Ayahanda Mohammad Irfan dan Ibunda Badriyah yang tercinta, untuk kasih sayang yang tak terhingga kepada ananda, serta seluruh dukungan baik material, moral lebih-lebih spiritual sehingga ananda bisa menginjakkan kaki sampai ke jenjang Sarjana Kedokteran. Mudah-mudahan setiap helaan nafas, setiap tetesan keringat bahkan darah akan mengantarkan beliau ke tempat yang tertinggi di sisi-NYA
3. Kakakku dr.Badrul munir dan Edi husein, ST. yang telah memberikan contoh serta teladan untuk menapaki liku-liku kehidupan, serta adek Rahmat semoga dapat mencapai cita-citanya.
4. Guru-guru baik formal maupun informal yang telah membimbing dengan dedikasi yang tinggi sehingga mengantarkan penulis sampai pada jenjang ini.

## MOTTO

*Ingat lima perkara sebelum datangnya lima perkara, waktu sehatmu sebelum datang waktu sakitmu, waktu mudamu sebelum datang waktu tuamu, waktu kayamu sebelum datang waktu miskinmu, waktu luangmu sebelum datang waktu sempitmu, dan waktu hidupmu sebelum datang waktu matimu.*

*(Al-hadist)*

*Ketika aku masih kecil dan bebas,  
dan imajinasiku tidak ada batasnya, aku  
mengimpikan untuk mengubah dunia;*

*Ketika aku semakin besar dan  
semakin bijaksana, aku sadar bahwa  
dunia tak mungkin diubah.*

*Dan aku putuskan untuk mengurangi  
impianku sedikit dan hanya mengubah  
negaraku. Tetapi itupun tampaknya  
tidak mungkin.*

*Ketika aku memasuki usia senja,  
dalam suatu upaya terakhir, aku berusaha  
mengubah keluargaku sendiri, mereka  
yang paling dekat denganku, tetapi sayang,  
mereka tidak menggubrisku.*

*Dan sekarang menjelang ajal, aku sadar  
(mungkin untuk pertama kalinya) bahwa kalau  
saja aku mengubah diriku dulu, lalu dengan  
teladan mungkin aku bisa mempengaruhi  
keluargaku, dan dengan dorongan serta  
dukungan mereka mungkin aku bisa membuat  
negaraku menjadi lebih baik, dan siapa tahu,  
mungkin aku bisa mengubah dunia.*

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ulil Abshor

NIM : 032010101052

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul :  
“PENGARUH BAROTRAUMA AURIS TERHADAP GANGGUAN  
PENDENGARAN PADA NELAYAN PENYELAM DI KECAMATAN PUGER  
KABUPATEN JEMBER” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika  
disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta  
bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab akan keabsahan dan kebenaran isinya  
sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan  
dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika  
ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,13 Desember 2007  
Yang menyatakan,

Ulil Abshor  
032010101052

# **SKRIPSI**

## **PENGARUH BAROTRAUMA AURIS TERHADAP GANGGUAN PENDENGARAN PADA NELAYAN PENYELAM DI KECAMATAN PUGER KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Ulil Abshor

NIM 032010101052

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : dr. Maria Kwarditawati, Sp.THT

Dosen Pembimbing Anggota I : dr. Septa Surya Wahyudi

Dosen Pembimbing Anggota II : dr. Aries Prasetyo, M. Kes

## PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Kedokteran Universitas Jember pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 12 Februari 2008

Tempat : Fakultas Kedokteran Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)

dr. Maria Kwarditawati, Sp.THT  
NIP 140 316 662

Dosen Pembimbing I

dr. Septa Surya Wahyudi  
NIP 132 314 641

Dosen Pembimbing II

dr. Aries Prasetyo, M. Kes  
NIP 132 232 798

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Kedokteran

Prof. dr. Bambang Suhariyanto, Sp.KK(K)  
NIP 131 282 556

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Rabb Semesta Alam ALLAH Subhanahu Wa Taala atas segala Rahmat dan Kasih sayang NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah yang berjudul “ *Pengaruh Barotrauma auris terhadap Gangguan Pendengaran pada Nelayan Penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember*”. Karya tulis ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Fakultas Kedokteran Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa dan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada :

1. Prof. dr. Bambang Suhariyanto, Sp.KK(K), selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Jember;
2. dr. Maria Kwarditawati, Sp.THT, selaku Dosen Pembimbing Akademik Utama yang telah meluangkan waktu disela kesibukan beliau untuk membimbing dan membantu penelitian ini terutama untuk pemakaian alat, dan diagnosa di RSUD dr. Soebandi;
3. dr. Septa Surya Wahyudi, selaku Dosen Pembimbing Anggota I yang telah meluangkan waktu serta bimbingan demi terselesaikan karya tulis ilmiah ini;
4. dr. Aries Prasetyo, M. Kes, selaku Dosen penguji Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
5. Ibu Kusminah dan Ibu Anik di Poli THT RSUD dr. Soebandi Jember yang telah membantu saya untuk pemeriksaan Audiotimpanometer;
6. Bapak Mohammad Irfan dan Ibu Badriyah serta kakak-kakakku yang selalu memotivasi dalam penyelesaian skripsi ini;



7. Juwita Cahyaningrum atas segala cinta, perhatian, bantuan moral dan spiritual serta dukungan untuk tetap sabar dan ulet sehingga penelitian ini dapat terselesaikan;
8. dr. Arief Prasetyo, sering memberikan inspirasi untuk selalu berjuang dalam menuntut ilmu;
9. Teman seperjuangan ku (Heru, Dicky, Rudi, Yoga, Hisyam, Welly, Beta, Irfan) yang membantu penelitian di RSUD dr.Soebandi, mudah-mudahan tetap menjadi sahabat selamanya;
10. Teman kost Ar-raihan (mas Nanang, mas Arif, Heru, Aji, Athoin, mas Afan, mas Fajar, Bukhori, Imam, A.Kholiq, Hendy), yang selalu memberi saya semangat;
11. Kakak Imsac (kak Eko, kak Rifki, kak Alfian, kak Jauhar, kak Nizam, kak Ase, dik Yoyo, dik Aufa) dan teman-teman yang lain, yang selalu ceria di saat apapun.
12. Seluruh tim pengelolaan tugas akhir beserta seluruh dosen, staf, dan karyawan Fakultas Kedokteran Universitas Jember yang tidak bisa penulis sebutkan satu-satu;
13. Para senior dan teman-teman seangkatan dan seperjuangan 2003 serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih untuk kalian semua.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, Desember 2007

Penulis

## RINGKASAN

**Barotrauma Auris Terhadap Gangguan Pendengaran Pada Nelayan Penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember** ; Ulil abshor, 032010101052 ; 2008 : 50 halaman; Fakultas Kedokteran Umum Universitas Jember.

Telah dilakukan suatu "Observational study" untuk mengetahui jenis ketulian dan tingkat ketulian pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember pada bulan September 2006. Tujuannya untuk memperoleh gambaran gangguan pendengaran pada nelayan penyelam tradisional di Kecamatan Puger. Materi dan metode: sampel adalah nelayan penyelam yang tergabung dalam Forum Komunikasi Nelayan (FKN), laki-laki, berumur 15-40 tahun, aktif menyelam lebih dari 3 tahun, kedalaman lebih dari 1.5 meter, frekuensi menyelam minimal 3 kali per minggu. Gangguan pendengaran diukur dengan Audiotimpanometer. Hasil: Kami menemukan diantara 16 penyelam, kelainan pendengaran sebanyak 11 penyelam (68,9 %), sedangkan 5 penyelam (31,1 %) memiliki pendengaran normal, Penyelam dengan gangguan tuli konduksi dengan perbedaan telinga kanan dan kiri, tuli konduksi telinga kanan 0% sedangkan telinga kiri 1 penyelam (6.25%), tuli sensorineural telinga kanan 7 penyelam (43.75%) sedangkan telinga kiri 4 penyelam (25%), tuli campuran telinga kanan 1 penyelam (6.25%) sedangkan telinga kiri 2 penyelam (12.5%). Pada pemeriksaan tingkat ketulian berdasarkan pembagian telinga kanan dan kiri didapatkan hasil: Telinga kanan, 8 penyelam normal (50%), 4 penyelam SNHL ringan (25%), 3 penyelam SNHL ringan-sedang dan sisanya 1 penyelam (6.25%) tuli campuran sedang-berat. Telinga kiri, 9 penyelam normal (56.25%), 2 penyelam masing-masing SNHL ringan dan ringan-sedang (12.5%), sedangkan 1 penyelam masing-masing untuk tuli campuran tingkat sedang dan sedang-berat serta tuli konduksi (6.25%). Pada pemeriksaan otoskop untuk melihat membran timpani didapatkan 10 penyelam dengan membran timpani intak (62.5%), perforasi 3

penyelam (18.75%) dan *restricted* 3 penyelam (18.75%) dengan prosentase yang sama untuk telinga kanan dan kiri.

Kesimpulan yang didapat dari hasil analisis data dan pembahasan adalah adanya pengaruh barotrauma auris terhadap gangguan pendengaran pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember.

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL LUAR.....</b>	<b>i</b>
<b>SAMPUL DALAM.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR MOTTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI.....</b>	<b>vi</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1 Pengertian Menyelam.....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Teknik Dasar Menyelam.....	5
<b>2.2 Anatomi, Fisiologi, dan Patofisiologi Pendengaran.....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Anatomi Telinga.....	5
2.2.2 Fisiologi Pendengaran.....	6
2.2.3 Patofisiologi Ketulian.....	7
2.2.4 Batas Pendengaran Manusia.....	9

2.2.5	Gangguan Pendengaran.....	9
<b>2.3</b>	<b>Barotrauma Auris.....</b>	<b>9</b>
2.3.1	Definisi.....	9
2.3.2	Gejala Barotrauma.....	12
2.3.3	Patofisiologi Barotrauma.....	13
2.3.4	Patofisiologi Barotrauma Auris.....	14
<b>2.4</b>	<b>Pemeriksaan Fisik Telinga.....</b>	<b>17</b>
2.4.1	Audiometer Nada Murni.....	17
2.4.2	Audiogram.....	18
2.4.3	Timpanometer.....	19
2.4.4	Pemakaian Timpanometer.....	20
2.4.5	Interpretasi Hasil.....	24
2.4.6	Frekuensi.....	28
2.4.7	Intensitas.....	28
2.4.8	Syarat Pemeriksaan.....	28
2.4.9	Penentuan Ambang Pendengaran.....	30
2.4.10	Hasil Tes.....	31
<b>2.5</b>	<b>Kerangka Konseptual Penelitian.....</b>	<b>33</b>
<b>2.6</b>	<b>Hipotesis Penelitian.....</b>	<b>35</b>

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

<b>3.1</b>	<b>Jenis Penelitian.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3</b>	<b>Populasi Sampel, Besar Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel.....</b>	<b>36</b>
<b>3.4</b>	<b>Kriteria Sampel.....</b>	<b>36</b>
3.4.1	Kriteria Inklusi.....	36
3.4.2	Kriteria Eksklusi.....	37

3.5	Identifikasi Variabel.....	37
3.6	Definisi Operasional Variabel.....	37
3.7	Alat dan Bahan Penelitian.....	38
3.8	Prosedur Penelitian.....	39
3.9	Teknik Penyajian dan Analisis Data.....	40
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Penelitian.....	41
	4.1.1 Data Umum dan Karakteristik.....	41
4.2	Pembahasan.....	44
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	51
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	52
	<b>LAMPIRAN 1.....</b>	55
	<b>LAMPIRAN 2.....</b>	64
	<b>LAMPIRAN 3.....</b>	65
	<b>LAMPIRAN 4.....</b>	68
	<b>LAMPIRAN 5.....</b>	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Anatomi Telinga.....	6
Gambar 2.2	Audiogram.....	18
Gambar 2.3	Gambaran Audiogram Normal Hearing.....	19
Gambar 2.4	Gambaran Audiogram Konduktif Hearing Loss.....	19
Gambar 2.5	Gambaran Audiogram Sensorineural Hearing Loss.....	19
Gambar 2.6	Gambaran Audiogram Mixed Hearing Loss.....	19
Gambar 2.7	Representasi Impedansi yang Diukur dengan Timpanogram.....	23
Gambar 2.8	Gambaran Ketinggian dan Penurunan Peak Timpanometer.....	24
Gambar 2.9	Gambaran macam-macam Timpanogram.....	26
Gambar 2.10	Klasifikasi tingkatan ketulian ASHA-1990.....	32
Gambar 2.11	Skema kerangka konseptual pengaruh barotrauma auris pada nelayan penyelam terhadap tingkat ketulian.....	34
Gambar 3.1	Alur kegiatan penelitian.....	39
Gambar 4.1	Distribusi tipe ketulian dengan pembagian telinga kanan dan telinga kiri.....	42
Gambar 4.2	Distribusi tingkat ketulian dengan pembagian telinga kanan dan kiri.....	43
Gambar 4.3	Contoh Timpanogram pada pasien dengan kelainan Timpanometer tipe C.....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Efek kedalaman laut terhadap tekanan dan volume gas.....	11
Tabel 4.1	Distribusi pasien yang mengalami ketulian berdasarkan jenis ketulian pada pengukuran Audiotimpanometer di RSUD. dr Soebandi Jember. Pada bulan September 2006.....	41
Tabel 4.2	Distribusi pasien yang mengalami ketulian berdasarkan tingkat ketulian pada pengukuran Audiotimpanometer di RSUD. Dr Soebandi Jember. Pada bulan September 2006.....	42
Tabel 4.3	Distribusi pasien yang mengalami kelainan membran timpani pada pemeriksaan Audiotimpanometer di RSUD. Dr Soebandi Jember. Pada bulan September 2006.....	43





## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah negara kepulauan memiliki sekitar 17.508 pulau besar dan kecil ( $\pm$  6000 pulau tidak berpenghuni) yang menyebar disekitar garis Khatulistiwa yang mempunyai iklim tropis. Posisi Indonesia terletak pada koordinat 6°LU - 11°LS dan dari 97° - 141°BT. Wilayah Indonesia terbentang sepanjang 3.977 mil di antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Apabila perairan antara pulau-pulau itu digabungkan, maka luas Indonesia menjadi 1,9 juta mil<sup>2</sup>. Total wilayah 1.919.440 km<sup>2</sup> total prosentase wilayah perairan 4,85% (Anonim, 1995). Luas perairan laut Indonesia diperkirakan sebesar 5.8 juta km<sup>2</sup> dengan garis pantai terpanjang di dunia sebesar 81.000 km dan gugusan pulau-pulau sebanyak 17.508, memiliki potensi ikan yang diperkirakan terdapat sebanyak 6.26 juta ton pertahun (Departemen Perikanan dan Kelautan RI, 1995).

Kegiatan penyelaman yang melibatkan masyarakat nelayan telah dilakukan sejak dahulu, walaupun tidak ada catatan khusus mengenai hal ini, namun sebagai negara dengan wilayah laut yang sangat luas tentu telah memanfaatkan sumber daya laut secara intensif. Kegiatan penyelaman itu sendiri seharusnya dilihat sebagai suatu kegiatan mencari nafkah dengan lingkungan kerja penyelaman. Selama ini masyarakat nelayan belum dibekali ilmu yang cukup mengenai *safety dive*, sehingga mereka dapat melakukan kegiatan penyelaman ini dengan baik dan benar serta tidak membahayakan kesehatan mereka (Massi, 2005). Kegiatan penyelaman memiliki prosedur standar, namun beberapa penyelam tradisional tidak mengetahuinya. Nelayan penyelam tradisional pantai Puger selama ini menggunakan teknik tradisional yang belum sesuai dengan kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja khususnya peraturan penyelaman berulang (Massi, 2005).

Aktifitas menyelam mempunyai efek jangka panjang pada fisiologi tubuh manusia. Perubahan fisiologis dapat terlihat dari manifestasi gejala dekompresi. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan frekuensi kasus *osteonecrosis dysbaric* dan gangguan pendengaran yang didiagnosa pada penyelam komersial. Aktifitas menyelam berisiko terhadap organ lain karena gejala laten yang mempunyai efek terhadap otak, medulla spinalis, mata dan paru-paru (Campbell, 2006). Respon organ tubuh untuk beradaptasi pada perubahan tekanan tergantung pada keadaan udara didalam organ dan udara yang terdapat pada jaringan diantara organ. Cairan yang mengisi ruangan atau benda padat, tekanannya tidak merubah ukuran suatu organ karena cairan atau benda padat tidak bersifat menekan. Sedangkan ruangan dengan dinding elastis jika terisi oleh udara akan berubah bentuk mengikuti hukum *Boyle*, dengan anggapan bahwa volume udara akan meningkat secara proporsional mengikuti tekanan absolut (Campbell, 2006).

Tekanan yang meningkat pada penyelam menyebabkan barotrauma yang berefek pada beberapa bagian tubuh yaitu telinga, paru-paru dan muka (Bentz, 2004). Sekolom air laut dengan kedalaman 33 kaki (10 m) akan memberikan tekanan terhadap alasnya sama besar dengan tekanan yang diberikan oleh seluruh atmosfer bumi. Karena itu, seseorang yang berada pada kedalaman 33 kaki dibawah permukaan laut akan terpapar oleh tekanan sebesar 2 atmosfer, 1 atmosfer disebabkan oleh tekanan udara diatas laut dan 1 atmosfer berasal dari berat air sendiri. Pada kedalaman 66 kaki tekanannya adalah 3 atmosfer dan seterusnya. (Ganong, 2003; Guyton, 2003). Menurut *American Hearing Research Foundation* (AHRF), perforasi membran timpani terjadi jika kedalaman minimal seorang penyelam adalah 4.3 – 17.4 kaki atau setara dengan tekanan sebesar 860 – 1160 mmHg. (Bentz, 2004)

Dilain pihak kepentingan bangsa Indonesia di laut nusantara adalah pemanfaatan laut nusantara sebesar-besarnya bagi kesejahteraan dan keamanan bangsa Indonesia. Pemanfaatan ini telah terlihat dengan laju pembangunan ekonomi dewasa ini yang memungkinkan berkembangnya dengan pesat kegiatan eksplorasi kekayaan laut. Termasuk penambangan kekayaan alam didasar laut dan pemanfaatan teknologi bawah air (Lakesla, 1995). Pengembangan teknologi laut

dalam hal ini harus dibarengi dengan pengembangan ilmu kesehatan bawah air. Pengembangan ilmu ini akan mencakup bagaimana penyiapan tenaga kerja matra laut yang akan mengawaki lapangan pekerjaan di laut dan fasilitas yang akan digunakan untuk bekerja di bawah permukaan air. Selanjutnya harus dikembangkan fasilitas untuk penanggulangan keadaan darurat yang sewaktu-waktu dapat menimpa tenaga kerja matra laut tersebut (Lakesla, 1995).

Puger merupakan kecamatan penghasil ikan olahan paling besar di Kabupaten Jember jumlah rumah tangga nelayan sebanyak 5.233 rumah tangga dan 1.086 kapa (Badan Pusat Statistik, 2001). Puger merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Jember dengan luas wilayah 7.357 Ha. Terdiri dari 12 desa, 36 dusun, 206 RW dan 607 RT. Dengan jumlah penduduk 103.394 jiwa, sebagian besar penduduknya berprofesi sebagai nelayan yaitu sekitar 5.649 jiwa (Profil Kecamatan Puger, 2005). Puger Wetan merupakan salah satu Kelurahan di Kecamatan Puger yang 67.63 % penduduknya bermata pencaharian sebagai nelayan dan diantaranya berprofesi sebagai nelayan penyelam. Nelayan ini biasanya melakukan penyelaman untuk mencari udang dan ikan di dasar laut dengan menggunakan peralatan seadanya yang sangat berisiko terkena efek barotrauma terutama efek barotrauma auris (Profil Kecamatan Puger, 2005).

Peneliti sangat tertarik untuk meneliti kasus ini dikarenakan pada pemeriksaan yang dilakukan Puskesmas Puger yang bekerja sama dengan RSAL Surabaya pada tanggal 21 Januari 2006 terhadap 30 penyelam didapatkan barotrauma auris dan efek lain akibat barotrauma sebanyak 20 orang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Sesuai dengan latar belakang yang telah dikemukakan, rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Apakah ada pengaruh barotrauma auris terhadap gangguan pendengaran pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan Umum**

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya pengaruh barotrauma auris terhadap gangguan pendengaran akibat aktifitas menyelam pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember

#### **1.3.2 Tujuan Khusus**

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui tingkat prevalensi kasus barotrauma auris pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember.
- Mengetahui prosentase jenis ketulian akibat barotrauma auris akibat menyelam pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember.
- Mengetahui prosentase tingkat ketulian pada sampel dengan test Audiotimpanometer.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Peneliti dapat memiliki gambaran tentang jenis dan tingkat ketulian yang diakibatkan efek barotrauma pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember.
- Menjadi masukan/gambaran bagi nelayan, khususnya nelayan penyelam tentang bahaya barotrauma terhadap kerusakan organ tubuh secara umum dan ketulian secara khusus.
- Menjadi bahan pertimbangan bagi penyelam agar menggunakan alat maupun teknik menyelam yang baik dan benar untuk mengurangi tingkat ketulian.
- Menjadi masukan bagi pihak yang terkait khususnya Dinas Kelautan dan Perikanan setempat agar dapat memberikan kebijakan yang diharapkan bisa mengurangi tingkat ketulian.
- Dapat dijadikan penelitian lebih lanjut untuk kasus barotrauma.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengertian Menyelam**

Menyelam adalah suatu kegiatan yang dilakukan di bawah permukaan air, dengan atau tanpa menggunakan peralatan untuk mencapai tujuan tertentu. (Soepadmo, 1990). Kegiatan menyelam dilakukan pada tekanan lebih dari 1 atmosfer, baik didalam air (penyelaman basah) maupun didalam RUBT (Ruang Udara Bertekanan Tinggi). Penyelaman basah maupun kering sama-sama mempunyai risiko akibat menghirup gas-gas pernafasan tekanan tinggi dengan segala akibatnya. (Lakesla, 1995)

#### **2.1.1 Teknik Dasar Menyelam**

- a. Penyelaman tahan nafas (*Breath Hold Diving, Skin Diving*)
- b. Penyelaman SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*)

Penyelaman yang memakai peralatan yang memungkinkan penyelam bisa bernafas dalam air. (Essex School of Diving, 2006)

- c. Penyelaman dengan supply udara dari permukaan menggunakan alat-alat ringan, untuk penyelaman dangkal (*Surface Supplied Light Weight Diving*)

Penyelaman yang dilakukan penyelam yang mendapat suplai udara dari udara yang dikompresi dari lokasi penyelaman. (U.S Departement of Labour, tanpa tahun)

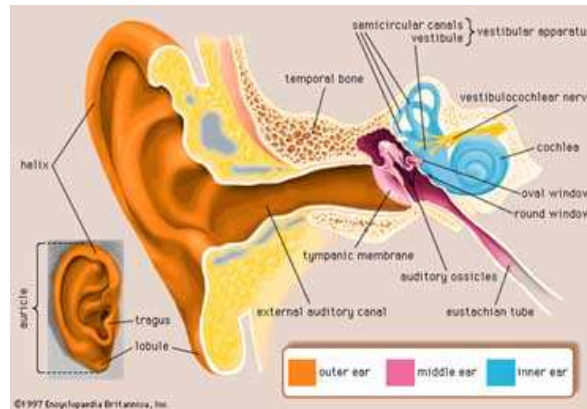
### **2.2 Anatomi, Fisiologi dan Patofisiologi Pendengaran**

#### **2.2.1 Anatomi Telinga**

Secara anatomi telinga dibagi menjadi 3 bagian utama yaitu :

- a. Telinga luar (*External ear*) terdiri dari : Aurikula (daun telinga), meatus akustikus eksternus
- b. Telinga tengah (*Middle ear*) terdiri dari : Antrum timpani, Membran timpani, Ossikula auditori (malleus, inkus, stapes) dan tuba eustachius

- c. Telinga dalam (*Internal ear*) terdiri dari: *Oval window*, Labirin (koklea, kanalis semisirkularis, vestibuli: utrikulus dan sakulus) dan nervus vestibulokoklearis (nervus kranial VIII) (Lane, 2001)



**Gambar 2.1 Anatomi telinga**

Sumber : [www.ebme.co.uk](http://www.ebme.co.uk)

### 2.2.2 Fisiologi Pendengaran

- Gelombang suara dari luar ditangkap dan dikumpulkan oleh aurikula kemudian dilanjutkan ke kanalis auditori eksternus
- Ketika gelombang suara mengenai membran timpani baik kompresi maupun dekompresi udara menyebabkan membran timpani bergerak kedepan dan ke belakang, dimana besarnya amplitudo getaran tergantung dari intensitas dan frekuensi gelombang suara tersebut. Getaran membran timpani menjadi lambat terhadap rangsangan suara dengan frekuensi rendah dan akan menjadi cepat terhadap rangsangan suara frekuensi yang tinggi.
- Bagian tengah dari membran timpani berhubungan dengan malleus; yang jika membran timpani bergetar akan ditransmisikan ke malleus dilanjutkan ke inkus dan stapes.
- Getaran dari stapes akan menekan membran jendela oval dibagian dalam dan luar, Getaran dalam *oval window* lebih cepat 20 kali lebih cepat dari membran timpani dikarenakan ossikula secara efisien akan

mentransmisikan getaran kecil yang menyebar pada permukaan area yang luas (*Tympanic membrane*) menuju getaran yang besar pada permukaan yang kecil (*oval window*)

- e. Pergerakan dari *oval window* dirubah sedemikian hingga terbentuk dalam koklea.
- f. Gelombang perilimfe dalam skala vestibuli koklea akan ditransmisikan ke skala timpani mengelilingi koklea dan kembali ke telinga tengah melalui membran timpani sekunder .
- g. Tekanan gelombang perilimfe juga akan menekan dinding dari skala vestibuli dan timpani serta juga menekan vestibular membran kedepan dan kebelakang, sebagai hasilnya tekanan endolimfe dan duktus koklearis akan menigkat dan menurun.
- h. Fluktuasi tekanan endolimfe menggerakkan membran basiler dimana ketika membran basiler bergetar, maka akan menggetarkan organ corti yang terdiri dari *tectorial membrane* dan *hair cell*. Dimana *hair cell* ini mengandung mikrovilli yang menghasilkan potensial reseptor yang akan diteruskan ke serat N.VIII

### 2.2.3 Patofisiologi Ketulian

Berdasarkan patofisiologi tuli dibagi menjadi 2 tipe; pertama: Tuli yang disebabkan oleh kerusakan mekanisme telinga tengah untuk mentransmisikan suara kedalam koklea yang biasanya disebut “tuli konduksi”. Kedua: Tuli yang disebabkan oleh kerusakan koklea atau nervus auditorius yang biasanya masuk kedalam kelas “tuli saraf”

Tuli konduksi dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

1. pembuntuan dari kanalis auditorius eksternus berupa: timbunan serumen, otomikosis, pembengkakan dinding kanal serta juga dari bahan asing.
2. Abnormalitas dari membran timpani seperti: penebalan, retraksi, pembentukan skar, serta perforasi.



3. Perubahan patologis telinga tengah yang berhubungan langsung dengan jalur ossikular yang dapat disebabkan oleh kelainan kongenital.
4. Perubahan patologis pada kapsul labirin yang menyebabkan fiksasi stapes pada *oval window* yang sering disebut: “ otosclerosis “

Tuli sensorineural merupakan tuli yang disebabkan oleh adanya lesi yang mengenai Perilimfe, endolimfe, *hair cell* organ korti dan nervus VIII beserta jalur sarafnya maupun pada SSP yang mengatur sistem ini.

Adapun faktor-faktor etiologi dari jenis tuli ini adalah sebagai berikut:

#### **1. Presbikusis**

Kehilangan kemampuan mendengar suara yang tinggi disebabkan oleh proses penuaan yang diakibatkan oleh proses atrofi dari organ-organ korti serta elemen neuralnya.

#### **2. Trauma akustik**

Kehilangan kemampuan mendengar yang disebabkan oleh trauma. Adapun jenis dari trauma ini bisa berupa paparan suara, ledakan, maupun berupa trauma kepala. Berat ringan dari truma ini dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu:

- a. Tingkat kebisingan
- b. Frekuensi kebisingan
- c. Distribusi harian dan waktu total paparan.

#### **3. Toksin**

Penyebab terbesar dari ketulian yang unilateral sensorineural yang terbesar pada anak adalah toksin dari virus MUMPS sebagai penyebab Parotitis

#### **4. Lesi Vaskular**

Ketulian ini dapat disebabkan oleh hemorhage, trombosis, dan emboli

#### **5. Tumor**

Tumor yang paling sering berhubungan dengan ketulian Sensorineural adalah Neurinoma yang menyerang N.VIII.

Berdasarkan patofisiologi diatas, apabila terjadi kerusakan pada koklea atau nervus auditorius maka akan dapat menyebabkan ketulian yang permanen; akan tetapi jika koklea dan nervus auditorius tetap utuh meskipun sistem ossikular hancur atau mengalami ankilosis ( Beku akibat fibrosis atau kalsifikasi ), maka

gelombang suara masih dapat dikonduksikan kedalam koklea melalui konduksi tulang. Hal inilah yang dijadikan sebagai dasar untuk menentukan jenis ketulian, apakah masuk dalam kategori tuli konduksi atau tuli sensorineural. (Adam.G.L, 1989)

#### **2.2.4 Batas Pendengaran Manusia**

Manusia dapat mendengar pada jarak frekuensi antara 20 sampai 20.000 Hz. Tapi ini hanya merupakan pukul rata, karena kemampuan mendengar frekuensi tinggi menurun sesuai dengan umur. Kita mengetahui bahwa penurunan ini telah mulai pada umur dekade ke dua atau ke tiga dan dapat menurunkan batas atas sampai 10.000 Hz atau kurang pada umur dekade ke enam.

Batas intensitas pendengaran manusia dapat ditentukan dengan tepat. Tingkat tekanan bunyi dari nada yang nyaris dapat didengar bervariasi pada berbagai frekuensi. Pada daerah yang sangat sensitif (1000 sampai 4000 Hz), hampir mendekati 0,0002 dyne/cm<sup>2</sup>. Batas intensitas tertinggi kira-kira 140 dB di atas 0,0002 dyne/cm<sup>2</sup>. Pada tingkat ini, suara dari frekuensi manapun akan menimbulkan rasa nyeri. Apabila terlalu lama mendengar suara di atas 85 dB dapat mengakibatkan kerusakan pendengaran.

#### **2.2.5 Gangguan Pendengaran**

Adalah ketidakmampuan fungsi telinga untuk menerima suara karena abnormalitas struktur telinga. Gangguan pendengaran ini terjadi pada 1 diantara 10 orang yang ada di Amerika utara, penyebabnya adalah kongenital, genetik, keracunan obat selama kehamilan, perinatal anoksia, dan penyakit golongan darah RH. Bisa juga disebabkan paparan suara, presbikusis, infeksi, tumor, dan trauma.

### **2.3 Barotrauma Auris**

#### **2.3.1 Definisi**

Barotrauma adalah kerusakan jaringan dan sekuelenya akibat ketidakseimbangan antara tekanan udara dari rongga udara fisiologis dalam tubuh dengan tekanan disekitarnya. Prinsip barotrauma ini mengikuti hukum *Boyle*

dimana peningkatan atau penurunan suatu tekanan terhadap gas akan menyebabkan pengembangan atau kompresi dari volume gas yang dikenai, dan yang paling sering terkena efek ini adalah telinga bagian tengah, Barotrauma pada telinga tengah ini dapat dan sering terjadi pada penyelam dalam air atau penerbang, insiden dari kerusakan ini adalah sering didapatkan pada penyelam dikarenakan perubahan tekanan udara dalam kedalaman 17 kaki dalam air sebanding dengan ketinggian 18.000 kaki. (Lakesla, 1995)

Hukum *Boyle* menyatakan bahwa suatu penurunan atau peningkatan pada tekanan lingkungan akan memperbesar atau menekan (secara berurutan) suatu volume gas dalam ruang tertutup. Bila gas terdapat dalam struktur yang lentur, maka struktur tersebut dapat rusak karena ekspansi atau kompresi. Barotrauma dapat terjadi bilamana ruang-ruang berisi gas dalam tubuh (telinga tengah, paru-paru) menjadi ruang tertutup dengan menjadi buntunya jaras-jaras ventilasi normal. Barotrauma paling sering terjadi pada telinga tengah, hal ini terutama karena rumitnya fungsi tuba eustachius. Tuba eustachius secara normal selalu tertutup namun dapat terbuka pada gerakan menelan, mengunyah, menguap, dan dengan maneuver Valsava. Pilek, rinitis alergika serta berbagai variasi anatomis individual, semuanya merupakan predisposisi terhadap disfungsi tuba eustachius.

Seperti yang dijelaskan di atas, tekanan yang meningkat perlu diatasi untuk menyeimbangkan tekanan, sedangkan tekanan yang menurun biasanya dapat diseimbangkan secara pasif. Dengan menurunnya tekanan lingkungan, udara dalam telinga tengah akan mengembang dan secara pasif akan keluar melalui tuba eustachius. Dengan meningkatnya tekanan lingkungan, udara dalam telinga tengah dan dalam tuba eustachius menjadi tertekan. Hal ini cenderung menyebabkan penciutan tuba eustachius.

Jika perbedaan tekanan antara rongga telinga tengah dan lingkungan sekitar menjadi terlalu besar (sekitar 90 sampai 100 mmHg), maka bagian kartilaginosa dari tuba eustachius akan sangat menciut. Jika tidak ditambahkan udara melalui tuba eustachius untuk memulihkan volume telinga tengah, maka struktur-struktur dalam telinga tengah dan jaringan di dekatnya akan rusak dengan makin bertambahnya perbedaan tekanan. Terjadi rangkaian kerusakan yang dapat

diperkirakan dengan berlanjutnya keadaan vakum relatif dalam rongga telinga tengah. Mula-mula membran timpani tertarik ke dalam. Retraksi menyebabkan membran teregang dan pecahnya pembuluh-pembuluh darah kecil sehingga tampak gambaran injeksi dan bula hemoragik pada gendang telinga. Dengan makin meningkatnya tekanan, pembuluh-pembuluh darah kecil pada mukosa telinga tengah juga akan berdilatasi dan pecah, menimbulkan hemotimpanum. Kadang-kadang tekanan dapat menyebabkan ruptur membran timpani.

Barotrauma pada telinga tengah dapat terjadi saat menyelam ataupun saat terbang. Perubahan tekanan pada kedalaman 17 kaki pertama di bawah air setara dengan perubahan tekanan pada ketinggian 18.000 kaki pertama di atas bumi. Dengan demikian, perubahan tekanan lingkungan terjadi lebih cepat pada saat menyelam dibandingkan dengan saat terbang. Hal ini dapat menjelaskan relatif tingginya insiden barotrauma pada telinga tengah pada saat menyelam. Barotrauma telinga tengah dapat terjadi pada penyelaman kompresi udara (SCUBA) atau penyelaman dengan menahan napas. Seringkali terjadi pada kedalaman 10 sampai 20 kaki. Sekalipun insidens relatif lebih tinggi pada saat menyelam, masih lebih banyak orang yang berpergian dengan pesawat dibandingkan orang menyelam. Pesawat komersial telah diberi tekanan udara namun hanya sampai 8.000 kaki. Maka barotrauma masih mungkin terjadi, namun insidennya tidak setinggi yang diakibatkan menyelam. (Ganong, 2003)

**Tabel 2.1 Efek kedalaman laut terhadap tekanan dan terhadap volume gas**

Kedalaman (kaki)	Atmosfer	Volume
Permukaan laut	1	1 liter
33	2	0.5 liter
66	3	-
100	4	0.25 liter
133	5	-
166	6	-
200	7	-
300	10	0.125liter
400	13	-
500	16	-

Sumber : Guyton, 1997

### 2.3.2 Gejala Barotrauma

Gejala-gejala barotrauma telinga tengah termasuk nyeri, rasa penuh dan berkurangnya pendengaran. Diagnosis dipastikan dengan otoskop. Gendang telinga tampak mengalami injeksi dengan pembentukan bleb hemoragik atau adanya darah di belakang gendang telinga. Kadang-kadang membran timpani akan mengalami perforasi. Dapat disertai gangguan pendengaran konduktif ringan..

Perlu ditekankan bahwa tinnitus yang menetap, vertigo dan tuli sensorineural adalah gejala-gejala kerusakan telinga dalam. Barotrauma telinga tengah tidak jarang menimbulkan kerusakan telinga dalam yang merupakan masalah serius dan mungkin memerlukan pembedahan untuk mencegah kehilangan pendengaran yang menetap. Semua orang yang mengeluh kehilangan pendengaran dengan barotrauma harus menjalani uji pendengaran dengan rangkaian penala untuk memastikan bahwa gangguan pendengaran bersifat konduktif dan bukannya sensorineural. episode-episode vertigo singkat yang terjadi saat naik atau turun disebut vertigo alternobarik. Hal ini sering dikeluhkan dan lazim menyertai barotrauma telinga tengah. Selama vertigo dapat mereda dalam beberapa detik, tidak diperlukan pengobatan ataupun evaluasi lebih lanjut.

Gejala barotrauma dapat dibagi berdasarkan letak kelainan pada telinga.

#### Barotrauma auris eksterna :

- Perdarahan berupa *ptechie*
- Perdarahan sub kutan
- Mungkin kongesti pembuluh darah pada membran timpani bila perdarahan sub kutan besar

#### Barotrauma auris media :

- Nyeri yang bervariasi intensitasnya pada telinga yang terkena barotrauma
- Kadang-kadang dijumpai darah disekitar hidung atau mulut akibat perdarahan dari kavum timpani yang terdorong waktu naik
- Perasaan buntu/ tuli

Biasanya berupa tuli konduksi ringan sementara akibat gangguan pada tulang-tulang pendengaran dalam kavum timpani. Dan bisa diharapkan kesembuhan dalam waktu 1 minggu.

Berdasarkan kelainan membran timpani pada pemeriksaan otoskopi, barotrauma auris media waktu turun dibagi :

- Derajat 0 : Hanya keluhan tanpa gejala pada membran timpani
- Derajat 1 : Injeksi dan perdarahan sedikit dalam membran timpani
- Derajat 2 : Injeksi dan perdarahan sedang dalam membran timpani
- Derajat 3 : Perdarahan yang luas dalam membran timpani
- Derajat 4 : Membran timpani bombans, tampak biru gelap karena adanya darah dalam kavum timpani
- Derajat 5 : Perforasi membran timpani dan perdarahan bebas dari kavum timpani.

Barotrauma auris interna :

Gejala-gejalanya antara lain :

- Perasaan buntu (Blokade)
- Ketulian tipe sensori  
Ketulian ini bisa total atau hanya pada frekuensi tinggi (4000- 8000 Hz).  
Juga ketulian ini dapat terjadi seketika atau perlahan-lahan
- Tinnitus
- Gejala-gejala gangguan vestibular seperti vertigo, ataksia, dan disorientasi. (Lakesla, 1995)

### **2.3.3 Patofisiologi Barotrauma**

Barotrauma dapat terjadi pada waktu seseorang menyelam turun (descend), maupun pada waktu naik (ascent). Ini semua berkaitan erat dengan hukum *Boyle* dalam dunia fisisika.

Maka berdasarkan patogenesisnya dikenal:

a. Barotrauma waktu turun

Pada waktu seseorang penyelam turun, tubuhnya mendapatkan penambahan tekanan dari luar. Penambahan tekanan ini normalnya tidak akan menimbulkan barotrauma selama proses ekualisasi antara rongga-rongga fisiologis tubuh dengan tekanan sekitar berlangsung lancar. Rongga-rongga fisiologis tubuh umumnya memiliki dinding yang keras (tulang), Sehingga tidak mungkin kolaps. Bilamana oleh karena suatu hal terjadi kegagalan ekualisasi, maka tekanan udara dalam rongga-rongga fisiologis akan menjadi “Relatif-negatif” terhadap tekanan sekelilingnya waktu seorang penyelam turun.

Tekanan relatif negatif akan menimbulkan distorsi ataupun kerusakan pada jaringan lunak dalam rongga. Dapat terjadi kongesti vaskular, edema mukosa disertai transudasi cairan tubuh dan bahkan perdarahan kedalam rongga-rongga fisiologis tubuh. Peristiwa barotrauma akibat turun ini dikenal juga sebagai “Sequeeze”. Jadi *sequeeze* umumnya terjadi pada waktu seseorang penyelam turun dan mendapatkan pertambahan tekanan.

b. Barotrauma waktu naik

Sebaliknya waktu naik ke permukaan, seseorang penyelam akan akan mendapatkan penurunan tekanan sekelilingnya. Sesuai hukum *Boyle* penurunan tekanan akan mengakibatkan pengembangan (expansion) dari udara dalam rongga-rongga fisiologis tubuh.

Udara yang mengembang volumenya ini normalnya dapat dapat disalurkan keluar lewat rongga-rongga fisiologis tubuh. Sehingga tetap terjadi tekanan yang seimbang antara rongga-rongga tubuh tadi dengan tekanan sekeliling. Namun bilamana ada obstruksi, udara yang mengembang tadi akan terperangkap dan meningkatkan tekanan dalam rongga-rongga fisiologis tubuh. Barotrauma semacam ini umumnya menimbulkan nyeri mendadak akibat kenaikan tekanan dalam rongga dan teoritis juga ada bahaya emboli vena. (Lakesla, 1995)

#### 2.3.4 Patofisiologi Barotrauma Auris

Barotrauma auris merupakan barotrauma yang paling sering terjadi dalam kegiatan penyelaman.

Dikenal 2 bentuk barotrauma auris:

- a. barotrauma auris waktu turun
- b. barotrauma auris waktu naik

Barotrauma auris waktu turun dan naik ini masing-masing juga dibagi lagi menurut anatomi telinga yang kita kenal sebagai:

- a. Barotrauma auris eksterna
- b. Barotrauma auris media
- c. Barotrauma auris interna

#### **A. Barotrauma Auris Eksterna**

Karena auris eksterna berhubungan dengan dunia luar, maka pada waktu turun air dapat masuk kedalam meatus akustikus eksternus. Bila meatus akustikus eksternus tertutup, air tak dapat masuk dan terdapat udara yang terperangkap dalam kanalis akustikus eksternus.

Pada waktu tekanan bertambah, udara yang terperangkap didalam tidak mungkin dapat menyamakan tekanan dengan membuat kolaps kanalis akustikus eksternus. Hal ini berakibat terjadinya kongesti. Perdarahan dalam kanalis akustikus eksternus serta tertariknya membran timpani ke lateral. peristiwa ini mulai terjadi apabila terdapat perbedaan tekanan air dan tekanan udara dalam rongga kanalis akustikus eksternus sebesar  $\pm 150$  mmHg atau lebih (sedalam selam 1,5- 2 meter)

Sebaliknya ketika pada waktu naik, sesuai dengan hukum *Boyle* akan terjadi pengembangan volume udara dalam rongga-rongga tubuh. secara fisiologis pengembangan udara dalam kavum timpani dapat disalurkan ke nasofaring lewat tuba eustachii. Tekanan positif dalam kavum timpani akan membuka tuba eustachii tanpa kesulitan. Bila mana pada waktu naik tuba eustachii tidak mau membuka, udara yang mengembang dalam kavum timpani akan terperangkap dan meningkatkan tekanan dalam kavum timpani.



## **B. Barotrauma Auris Media**

Barotrauma auris media waktu turun adalah yang paling sering dialami oleh para penyelam, terutama para pemula. Barotrauma ini biasanya dialami pada kedalaman 10 meter pertama, sesuai dengan hukum *Boyle* di daerah tersebut terjadi perubahan tekanan udara yang terbesar.

Kavum timpani dipisahkan dari auris eksterna oleh membran timpani. Kavum timpani mempunyai hubungan dengan dunia luar (nasofaring) lewat tuba eustachii. Dalam keadaan normal tuba eustachii merupakan satu-satunya saluran untuk fungsi ekualisasi tekanan udara dalam kavum timpani dengan tekanan udara disekelilingnya.

Secara fisiologis memompakan udara dari nasofaring lewat tuba kedalam kavum timpani adalah lebih sulit daripada mengeluarkan udara dari kavum timpani ke nasofaring. Dengan demikian ekualisasi auris media pada waktu turun adalah lebih sulit dari pada waktu naik. Ini disebabkan adanya *valve action* dari muara tuba di daerah nasofaring yang normalnya menutup.

## **C. Barotrauma Auris Interna**

Barotrauma ini biasanya adalah komplikasi dari barotrauma auris media waktu turun, karena melakukan manuver valsava yang terlalu dipaksakan, tekanan akan meningkat ketika turun membran timpani terdorong ke arah kavum timpani. Hal ini menyebabkan *footplate* dari stapes terdorong kedalam, yang selanjutnya menekan perilymfe dan mengakibatkan membran foramen rotundum terdorong ke luar.

Bila pada saat itu penyelam melakukan manuver valsava dengan keras, maka tekanan didalam kavum timpani akan meningkat dengan cepat, dan membran timpani akan kembali ke posisi normal dengan cepat, dan stapes akan tertarik keluar dan membran foramen rotundum akan terdorong kedalam. Aliran balik (*reversed flow*) dari perilymfe tidak secepat aliran akibat dari tekanan yang terjadi. Hal ini mengakibatkan ruptura dari membran foramen rotundum yang berakibat bocornya cairan perilymfe.

## 2.4 Pemeriksaan Fisik Telinga

### 2.4.1 Audiometri Nada Murni

Audiometri nada murni adalah suatu alat elektronik yang menghasilkan bunyi relatif bebas bising ataupun energi suara pada kelebihan nada. Terdapat beberapa pilihan nada terutama dari oktaf skala: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 dan 8000 Hz. Audiometer ini memiliki tiga bagian penting yaitu: Suatu osilator yang menghasilkan bunyi dengan berbagai frekuensi, Suatu peredam yang memungkinkan berbagai intensitas bunyi (umumnya dengan peningkatan 5 dB), dan suatu Transduser untuk mengubah energi listrik menjadi energi akustik. Alat ini dapat digunakan menentukan tingkat intensitas terendah dalam desibel dari tiap frekuensi yang masih dapat didengar, dengan kata lain “ambang” pendengaran dari bunyi tersebut.

Audiometer yang tersedia di pasaran terdiri dari enam komponen utama:

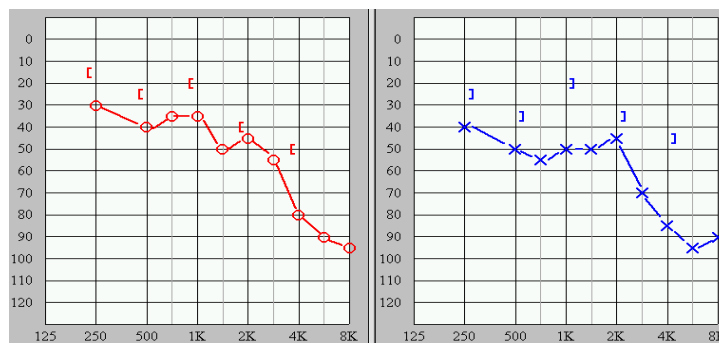
1. *oscillator*, yang menghasilkan berbagai nada murni
2. *amplifier*, untuk menaikkan intensitas nada murni sampai dapat terdengar;
3. pemutus (*interrupter*), yang memungkinkan pemeriksa menekan dan mematikan tombol nada murni secara halus tanpa terdengar bunyi lain (klik);
4. *attenuator*, agar pemeriksa dapat menaikkan atau menurunkan intensitas ke tingkat yang dikehendaki;
5. *earphone*, yang mengubah gelombang listrik yang dihasilkan oleh audiometer menjadi bunyi yang dapat didengar;
6. sumber suara pengganggu (*masking*), yang sering diperlukan untuk meniadakan bunyi ke telinga yang tidak diperiksa.

Tingkat ambang pendengaran yang didapat dari pemeriksaan pasien akan dibandingkan dengan audiometri “Nol”. Audiometri nol adalah median ambang bunyi yang didapat dari suatu sampel yang sangat besar dari kelompok dewasa muda tanpa keluhan pendengaran, tanpa riwayat penyakit telinga dan tidak menderita flu akhir-akhir ini. Sehingga masing-masing frekuensi memiliki angka nolnya sendiri-sendiri, dan suatu alat kalibrasi nilai nol dirakitkan pada output

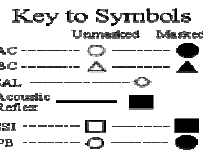
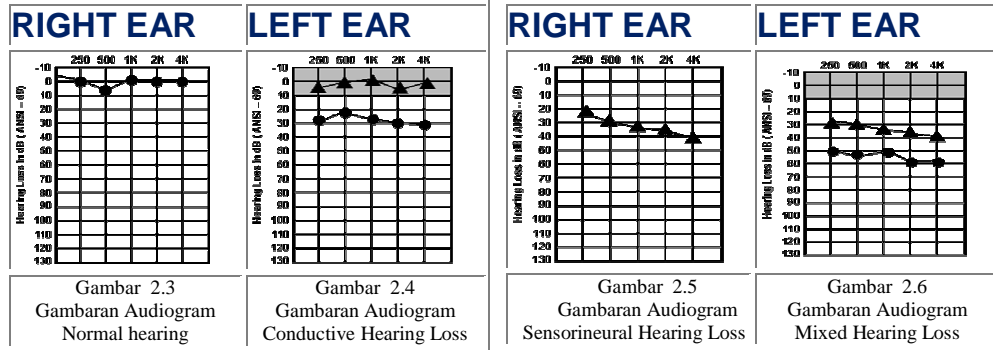
audiometer. Karena "Nol" merupakan nilai rata-rata dari ambang kepekaan, maka harus tersedia intensitas yang lebih rendah untuk memeriksa pendengaran yang lebih peka. Intensitas audiometer berkisar antara -10 dB hingga 110 dB. Jika seorang pasien memerlukan intensitas sebesar 45 dB diatas intensitas normal untuk menangkap bunyi tertentu, maka tingkat ambang pendengarannya adalah 45 dB; Jika kepekaan pasien lebih dekat ke normal dan hanya memerlukan peningkatan 20 dB diatas normal, maka ambang tingkat pendengarannya adalah 20 dB. Dan jika pendengaran pasien 10 dB lebih peka dari pendengaran rata-rata, maka tingkat ambang pendengarannya ditulis dalam nilai negatif atau -10 dB.

#### 2.4.2 Audiogram

Audiogram adalah gambaran kepekaan pendengaran pada berbagai frekuensi. Pemeriksaan direkam untuk masing-masing telinga secara terpisah, dimana frekuensi merupakan absis sedangkan intensitas sebagai ordinatnya. Simbol standar untuk hantaran tulang dan hantaran udara diperlihatkan pada kunci audiogram dalam gambar 2.2. Simbol hantaran udara dihubungkan dengan garis penuh seperti yang tergambar dalam audiogram. Simbol hantaran tulang digambarkan dengan garis putus-putus yaitu bila terdapat perbedaan; jika tidak, simbol hantaran tulang tidak dihubungkan. Warna tidak perlu berbeda untuk identifikasi simbol dari telinga mana. Namun seandainya menggunakan warna, maka warna merah harus digunakan untuk simbol telinga kanan dan biru untuk telinga kiri. Menggambar grafik telinga kanan dan kiri pada audiogram yang terpisah telah digunakan untuk menghindari kekacauan audiogram. (Boeis, 1997)



Gambar 2.2 Audiogram



Sumber : Bobby R. Alford Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 2006

### 2.4.3 Timpanometer

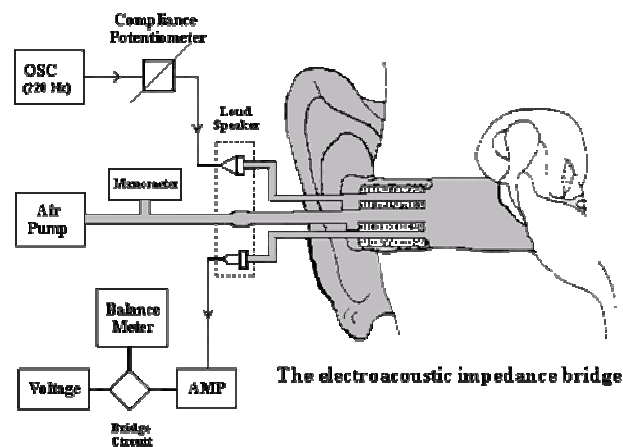
Timpanometer merupakan alat pengukur tak langsung dari kelenturan (gerakan) membran timpani dan sistem osikular dalam berbagai kondisi tekanan positif, normal atau negatif. Energi akustik tinggi dihantarkan pada telinga melalui suatu tabung bersumbat; sebagian diabsorpsi dan sisanya dipantulkan kembali ke kanalis dan dikumpulkan oleh saluran kedua dari tabung tersebut. Satu alat pengukur pada telinga normal memperlihatkan bahwa besar energi yang dipantulkan tersebut lebih kecil dari energi yang masuk. Sebaliknya bila telinga terisi cairan, atau bila gendang telinga menebal, atau sistem osikular menjadi kaku, maka energi yang dipantulkan akan lebih besar dari telinga normal. Dengan demikian jumlah energi yang dipantulkan makin setara dengan energi yang masuk. Hubungan ini digunakan sebagai sarana pengukuran kelenturan.

Timpanometer digunakan untuk mengukur mobilitas telinga tengah ketika diberikan tekanan udara yang bervariasi pada kanalis eksterna. Hasilnya berupa gambaran yang merepresentasikan tekanan sepanjang aksis X dan *compliance*

sepanjang aksis Y. Timpanogram ditunjukkan dengan tekanan dengan kenaikan 50 mm H<sub>2</sub>O point.

#### 2.4.4 Pemakaian Timpanometer

Pemeriksaan timpanometer adalah dengan cara meletakkan sebuah alat dengan rapat pada lubang telinga luar. Sementara itu sebuah rangsangan suara dari generator mentransmisikan energi suara menuju ke lubang telinga, pada saat yang sama sebuah pompa hampa udara memberikan tekanan yang positif dan negatif pada lubang telinga sehingga menekan atau menarik membran timpani. Sebuah mikrofon yang juga terpasang pada instrumen ini akan mendeteksi pantulan dari energi suara. Dan intepretasi dari mekanisme ini akan terekam dalam audiogram. Berikut ini skema diagram mekanisme timpanometer:



Adapun data yang berguna yang bisa didapatkan dari Timpanometer meliputi sebagai berikut:

1. Memperkirakan volume udara pada awal pemeriksaan (*equivalent ear canal volume [Vea]*)

Volume ini ditunjukkan pada hasil print out dari Timpanogram. Kisaran normal adalah bergantung umur

## **2. Compliance maksimal dari sistem telinga tengah (*static admittance*)**

Pergerakan dari membran timpani mencapai maksimal ketika tekanan udara sama pada kedua sisi. *Static admittance* adalah jumlah paling besar energi suara yang di absorpsi oleh sistem telinga tengah (puncak vertikal Timpanogram)

## **3. Tekanan ketika sistem telinga tengah mengabsorpsi energi suara paling besar, atau mobilitasnya (*timpanometric peak pressure*)**

Nilai ini merupakan perkiraan tekanan telinga tengah dan nilai normalnya biasanya sekitar nol. Ini adalah titik aksis horizontal (tekanan aksis) dimana nilai *compliance* paling tinggi (puncak vertikal dari Timpanogram)

## **4. Lebar dari kurva Timpanogram**

Sebuah timpanometer dapat dihubungkan dengan printer yang tergabung dalam Timpanogram dan penghitungan beberapa parameter. Hasil optimal akan didapatkan jika seorang dokter dan pasien meminimalkan gerakan selama pemeriksaan. Perbedaan hasil mungkin mungkin memberikan hasil lebih sensitif akan tetapi lebih rumit untuk ditampilkan dan diinterpretasikan dari pada timpanometer standar yang menggunakan bermacam-macam frekuensi (*multiple-frequency tympanometry*). (Onusko, 2004)

Timpanogram adalah suatu penyajian berbentuk grafik dari kelenturan relatif sistem timpano-osikular sementara tekanan udara liang telinga diubah-ubah. Kelenturan maksimal diperoleh pada tekanan udara normal, dan berkurang jika tekanan udara ditingkatkan atau diturunkan. Individu dengan pendengaran

normal atau dengan gangguan sensorineural akan memperlihatkan sistem timpano-osikular yang normal.

Tipe-tipe Timpanogram :

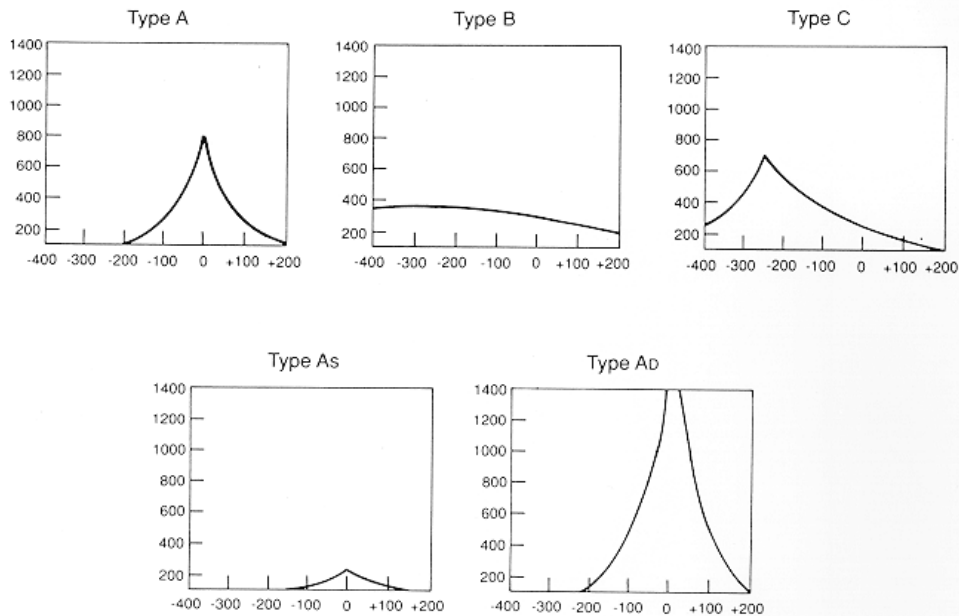
**Tipe A (Normal)** = Kelenturan maksimum terjadi pada atau dekat tekanan udara sekitar, memberi kesan tekanan udara telinga tengah yang normal .

**Tipe As** = Kelenturan maksimal terjadi pada atau dekat tekanan udara sekitar, tapi kelenturan lebih rendah daripada tipe A. Fiksasi atau kekakuan sistem osikular seringkali dihubungkan dengan tipe As.

**Tipe AD** = Kelenturan maksimum yang sangat tinggi terjadi pada udara sekitar, dengan peningkatan kelenturan yang amat cepat saat tekanan diturunkan mencapai tekanan udara sekitar normal. tipe ini dikaitkan dengan diskontinuitas sistem osikular atau suatu membran timpani menomerik.

**Tipe B** = Timpanogram relatif ”datar” atau ”berbentuk kubah”. Tipe ini dihubungkan dengan cairan dalam telinga tengah, gendang telinga yang menebal atau sumbatan serumen.

**Tipe C** = Kelenturan maksimal terjadi pada tekanan ekuivalen negatif lebih dari 100 mm H<sub>2</sub>O pada liang telinga. Pemeriksaan otoskop biasanya memperlihatkan retraksi membran timpani dan mungkin juga cairan dalam telinga tengah. (Boeis, 1997)



Tipe Timpanogram adalah sebagai berikut:

**Tipe A** Menggambarkan fungsi telinga tengah normal. Kurva tipe A memiliki pergerakan dan tekanan yang normal dan tipe pendengaran normal serta tuli pendengaran sensorineural dengan fungsi sistem telinga tengah yang normal

**Tipe B** Menggambarkan pergerakan membran timpani yang tertarik. Kurva tipe B mempunyai pergerakan maksimal yang kecil atau tidak ada sama sekali serta *compliance* yang menurun. Kurva ini memiliki ketulian yang khas dari sistem telinga tengah seperti yang terlihat pada otitis media.

**Tipe C** Menggambarkan tekanan negatif yang signifikan pada rongga telinga tengah. Kurva tipe C memiliki pergerakan normal dan tekanan negatif pada pergerakan maksimalnya, (tekanan negatif dipertimbangkan penting untuk penatalaksanaan pada tekanan yang lebih negatif dari 200 mmH<sub>2</sub>O).

**Tipe As** Menggambarkan tekanan telinga tengah normal tetapi terdapat penurunan pergerakan membran timpani dan struktur telinga tengah, pada umumnya terlihat pada fiksasi tulang-tulang ossikular.

**Tipe Ad** Menggambarkan tekanan telinga tengah normal tetapi hipermobilitas. Pola ini menandakan membran timpani yang terlalu lentur akibat disartikulasi tulang-tulang ossikular atau atrofi parsial membran timpani.

### **Gambar 2.7. Representasi impedansi yang diukur dengan Timpanogram**

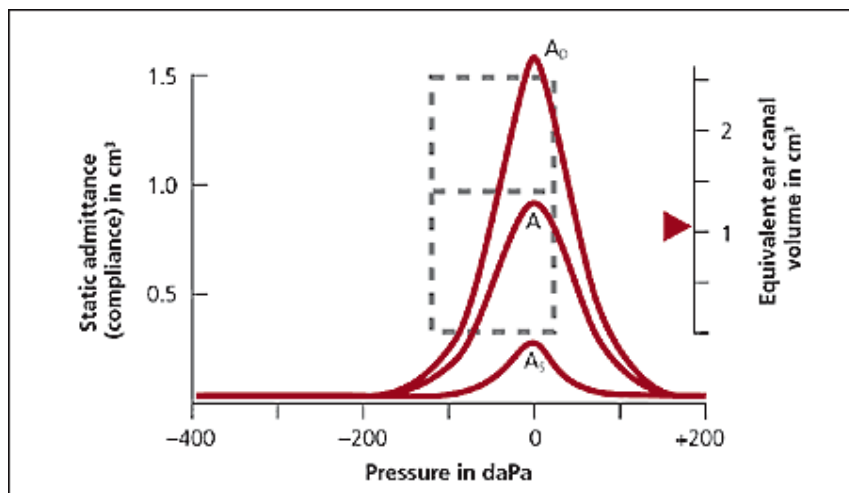
Sumber : Bobby R. Alford Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 2006



### 2.4.5 Interpretasi Hasil

Gambar 2.8 dan 2.9 menunjukkan macam-macam Timpanogram, berikut ini variasi klasifikasi original dari Liden dan Jerger :

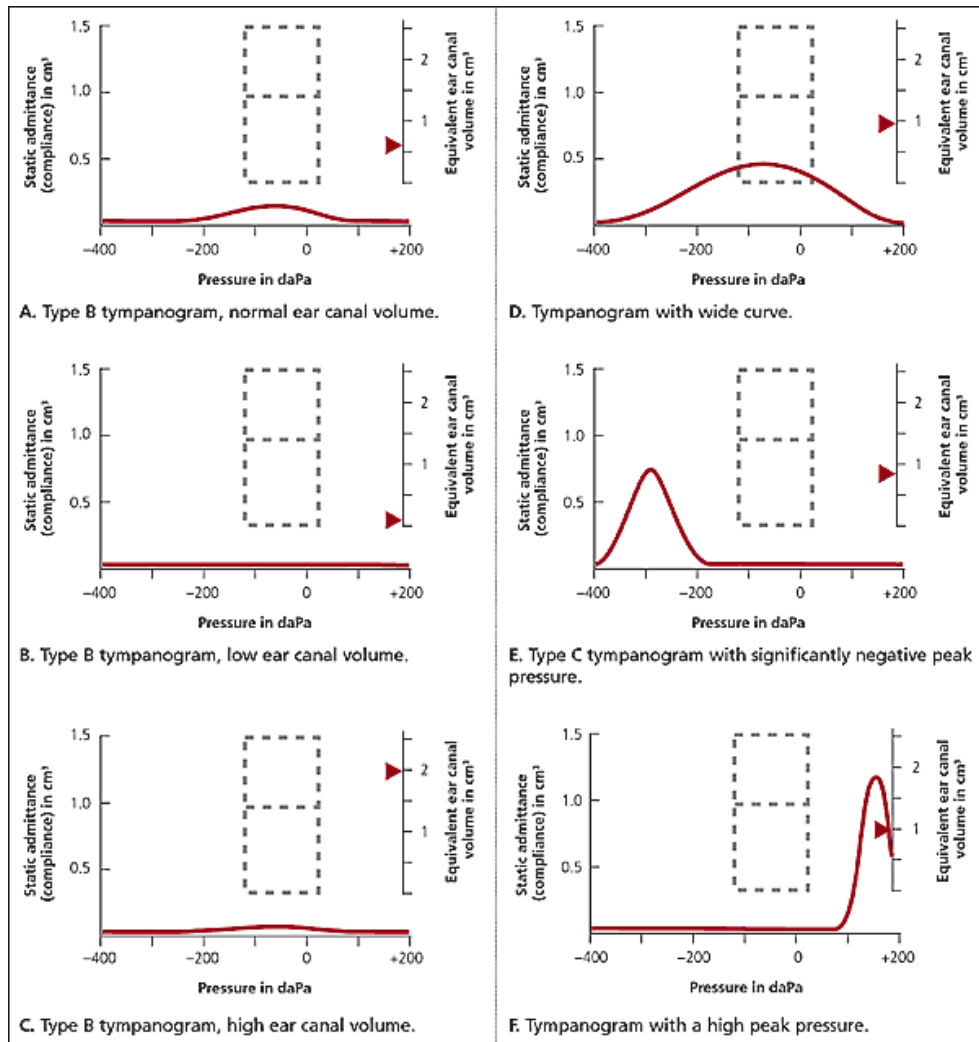
Pada kurva *gambar 2.8* menunjukkan telinga normal. Kurva Timpanogram dikatakan normal apabila tinggi maksimum (peak) terjadi saat tekanan 0 dan lebar kurva dalam batas normal. Kurva ini mewakili kurva tipe A. Yang menunjukkan volume lubang telinga normal. Kurva pada *gambar 2.8* juga menunjukkan ketinggian peak yang ditandai dengan tipe A<sub>D</sub>. Penampakan ketinggian statis dari grafik dapat dihasilkan dari pergerakan membran timpani yang berlebihan disebabkan oleh disartikulasi pada struktur tulang pada telinga tengah, atau membran timpani mengalami perforasi . kurva yang paling rendah pada *gambar 2.8* adalah tipe A<sub>s</sub>, penurunan ketinggian dari kurva ini merupakan hasil rekaman dari telinga tengah yang menunjukkan adanya suatu cairan atau fiksasi ossikula yang menyebabkan penurunan pergerakan membran timpani.



Aksis vertical yang sebelah kanan mewakili volume kanal telinga yang equivalent yang diukur dalam cm<sup>3</sup> dan ini ditandai dengan segitiga pada masing-masing Timpanogram. Pada aksis vertical yang sebelah kiri mewakili compliance yang diukur dalam cm<sup>2</sup>. static admittance dan peningkatan tekanan adalah normal untuk dewasa (lebih tua dari 10 tahun). Jika kurva melewati dua tumpukan kotak yang terputus. Hal itu normal untuk anak-anak jika kurva melewati tumpukan kotak yang terputus pada posisi yang lebih rendah.

**Gambar 2.8** Gambaran ketinggian dan Penurunan Peak Timpanometer

Pada gambar 2.9 A Timpanogram lebih pipih, atau disebut tipe B.dengan *compliance* yang rendah.volume kanal telinga adalah normal. Penyebab utama dari pola ini adalah penurunan pergerakan membran timpani sekunder karena adanya cairan telinga tengah (OME). Penyebab lain adalah peningkatan kekakuan membran timpani (dari skar), timpanosklerosis (pemadatan dari jaringan ikat disekitar tulang pendengaran), cholesteatoma, atau tumor telinga tengah. Ketika evaluasi efikasi dan kegunaan klinik timpanometer, banyak studi yang mempertimbangkan hanya tipe B yang menunjukkan abnormal.



Aksis vertikal yang sebelah kanan mewakili volume kanal telinga yang equivalent yang diukur dalam  $\text{cm}^3$  dan ini ditandai dengan segitiga pada masing-masing Timpanogram. Pada aksis vertikal yang sebelah kiri mewakili compliance yang diukur dalam  $\text{cm}^3$ . static admittance dan peningkatan tekanan adalah normal untuk dewasa (lebih tua dari 10 tahun). Jika kurva melewati dua tumpukan kotak yang terputus. Hal itu normal untuk anak-anak jika kurva melewati tumpukan kotak yang terputus pada posisi yang lebih rendah.

### Gambar 2.9 Macam-macam Timpanogram

Gambar 2.9 B. gambaran berupa garis pipih sempurna dengan volume kanal telinga rendah, menandakan oklusi parsial kanal telinga dengan serumen atau dikarenakan ketidaktepatan saat pemeriksaan.

Gambar 2.9 C. gambaran berupa kurva tipe B dengan peningkatan pengukuran volume telinga. Adanya perforasi dari membran telinga atau pada pasien dengan *tympanostomy tube*, energi suara juga akan diabsorpsi oleh udara pada telinga tengah dan kemungkinan juga mastoid *air cell*, dengan hasil lebih dari volume normal dapat terdeteksi. Mastoidektomi juga meningkat pada pengukuran volume.

Gambar 2.9 D. secara kualitatif diantara contoh yang terdahulu ketinggian peak berada dalam kisaran normal, tetapi Timpanogram terlalu lebar. Meskipun penemuan ini telah dilaporkan sensitif pada penyakit telinga tengah ketika *compliance* normal, merupakan sumber yang tidak dipertimbangkan untuk dipercaya untuk diagnosa dari patologi telinga tengah. Hal ini mungkin terjadi pada OME, atau timpanosklerosis.

Gambar 2.9 E. (atau gambaran tipe C) menunjukkan peningkatan tekanan negative pada telinga tengah, berhubungan dengan retraksi membran timpani., ISPA oleh virus bisa merusak fungsi ventilasi dari tuba eustachius. Tekanan telinga tengah yang negatif dan nasofaring berpengaruh ke telinga tengah, hasil dari OMA. Tipe kurva ini bisa menandakan transisi antara telinga normal dan telinga yang penuh dengan cairan. Adanya peningkatan tekanan negatif membran timpani dapat ditemui selama infeksi ISPA dengan tidak adanya bukti OMA merupakan petanda signifikan untuk peningkatan risiko untuk perkembangan OMA. Pada kurva tipe C secara klinik bisa berguna secara klinik ketika dihubungkan dengan penemuan lain, tetapi dengan itu perkiraan tidak tepat pada tekanan telinga tengah dan tidak memiliki sensitifitas atau spesifitas gangguan telinga tengah. Beberapa ahli membagi subdivisi kurva C dan membedakan kurva C1 lebih spesifik pada gangguan telinga tengah dan kurva C2 (tekanan negatif lebih tinggi) sebagai abnormalitas atau tidak dapat didefinisikan.

Gambar 2.9 F menandakan peningkatan ketinggian tekanan peak secara konsisten dengan penggelembungan membran timpani yang kadang-kadang terjadi OAM.

#### **2.4.6 Frekuensi**

Frekuensi adalah pengukuran gelombang suara yang dinyatakan dalam berapa gelombang yang terjadi setiap detik. satuan dari frekuensi adalah Hertz disingkat Hz. Frekuensi, hertz, dan Hz semua mewakili lingkaran gelombang perdetik; sebagai contoh, 1000 Hz adalah sama dengan 1000 lingkaran gelombang perdetik. Nomor yang berada pada puncak audiogram mewakili frekuensi (pitch), mulai dari frekuensi (pitch) yang paling rendah (250 Hz) hingga frekuensi yang paling tinggi (8000 Hz) sama seperti dawai yang terdapat pada harpa atau piano. dawai yang lebih panjang memiliki frekuensi yang lebih rendah. Meskipun batas pendengaran manusia antara 20 – 20.000 Hz, sebuah audiogram dipakai untuk merekam frekuensi yang perlu untuk dideteksi dan mengetahui kemampuan bicara manusia. (Onusko, 2006)

#### **2.4.7 Intensitas**

Intensitas juga merupakan pengukuran dari gelombang suara. Intensitas dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Desibel (dB) adalah sebuah satuan dari kekerasan suara (kekuatan suara) dan meningkat lebih cepat dari pada pengukuran linier. Sebagai contoh, 20 kaki adalah 20 kali lebih panjang dari 1 kaki. Tetapi 20 desibel adalah 100 kali lebih kuat dari 1 desibel dan 120 desibel adalah 1000,000,000,000 lebih kuat dari 1 desibel. Angka yang terdapat disisi audiogram yang mewakili persepsi kekuatan suara, berkisar antara 10 dB hingga 120 dB. 0 dB mewakili paling banyak pendengaran terbaik individu. 120 dB adalah suara yang menyakitkan pada individu dengan pendengaran normal. (Onusko, 2006)

#### **2.4.8 Syarat Pemeriksaan**

##### **Lingkungan Pemeriksaan yang Baik**

Pemeriksaan audiometri yang tepat hanya dapat dilakukan bila tingkat kebisingan latar belakang sedemikian rendah sehingga kepekaan pendengaran normal tidak terganggu olehnya. Masalah yang terbesar ialah pada frekuensi

rendah, terutama 250 dan 500 Hz. Pada umumnya, makin rendah frekuensi yang diuji, makin lebih mungkin dipengaruhi oleh suara lingkungan.

Cara terbaik untuk mengatasi bising latar belakang ialah dengan menempatkan pasien di dalam bilik yang dibuat khusus untuk meredam transmisi suara melalui dindingnya. Walaupun bilik seperti ini dapat dibuat sendiri dari bahan dasar, mungkin lebih baik memakai bilik yang sudah dibuat oleh pabrik khusus dirancang untuk pemeriksaan audiometri.

Walaupun ada *earphone* tertentu yang dapat meredam bising latar belakang, biasanya tidak cukup untuk menggantikan bilik periksa kedap suara. Masalah dengan set kepala ialah alat ini tidak cukup kuat meredam bunyi dengan frekuensi rendah antara 100 dan 500 Hz, yaitu jajaran frekuensi yang paling terpengaruh oleh bising latar belakang. Pada jajaran yang rendah ini, hanya dinding yang tebal dan atau berat yang mampu meredam bunyi dengan baik. Lingkungan untuk pengujian pendengaran tidak boleh di luar dari ketentuan ANSI yang dirumuskan tahun 1977.

Untuk pemeriksaan ini diperlukan persyaratan yang harus dipenuhi agar pemeriksaan dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, Adapun persyaratan pemeriksaan adalah sebagai berikut :

1. Alat

Audiometer harus memenuhi persyaratan BS EN 60645-1 (IEC 60645-1) dan bisa dikalibrasikan berdasarkan BS EN ISO 389 series (ISO 389 series).

2. Tempat pemeriksaan

- a. Subyek harus dapat jelas melihat pemeriksa
- b. Subyek yang tidak mampu melihat atau mendengar pemeriksa harus memakai audiometer kontrol yaitu ketika dilakukan test harus dikontrol oleh pemeriksa dari luar ruang audiometer dan subyek harus melihat melalui jendela atau TV sistem sirkuit sehingga komunikasi suara dengan pasien bisa dilakukan.

### 3. Pasien

- a. Sebelum dilakukan test harus dilakukan pemeriksaan otoskop.
- b. Subyek tidak dalam keadaan baru saja mendapatkan pemaparan suara keras dikarenakan bisa meningkatkan ambang pendengaran. Jika memungkinkan dilakukan retest pada waktu tidak mendapatkan pemaparan.
- c. Subyek tidak Tinnitus karena mempengaruhi kemampuan untuk mendeteksi suara.
- d. Pasien tidak memakai aksesoris seperti kacamata, penutup kepala, anting atau alat bantu pendengaran karena bisa mengganggu keakuratan hasil.
- e. Rambut yang menutupi telinga harus disingkirkan karena menghalangi transduser dengan telinga.
- f. Pasien tidak boleh memegang atau menggerakkan *earphone* (British Society Audiologi, 2004).

#### 2.4.9 Penentuan Ambang Pendengaran

- 1). Periksalah telinga yang lebih baik terlebih dahulu menggunakan rangkaian frekuensi berikut : 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 1000 Hz (diulang), 500 Hz, 250 Hz. Dengan pengecualian ulangan frekuensi 1000 Hz, rangkaian yang sama dapat digunakan untuk telinga satunya. Jika terdapat perbedaan ambang sebesar 15 dB atau lebih untuk interval oktaf berapapun, maka harus dilakukan pemeriksaan dengan frekuensi setengah oktaf.
- 2). Mulailah dengan intensitas tingkat pendengaran 0 dB, nada kemudian dinaikkan dengan peningkatan 10 dB dengan durasi satu atau dua detik hingga pasien memberi jawaban.
- 3). Nada harus ditingkatkan 5 dB dan bila pasien memberi jawaban, maka nada perlu diturunkan dengan penurunan masing-masing 10 dB hingga tidak lagi terdengar.

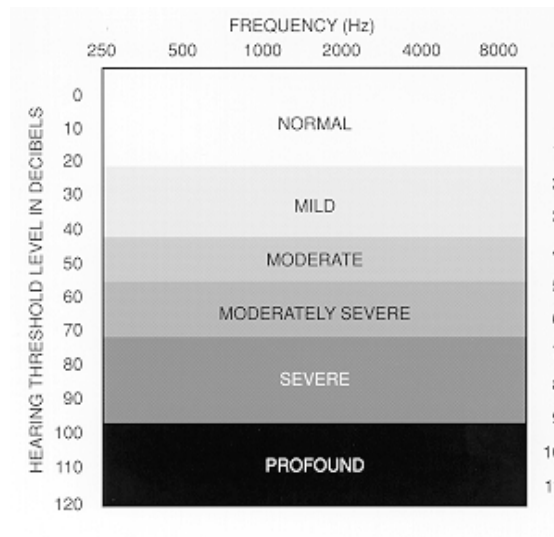
- 4) Peningkatan berulang masing-masing 5 dB dilanjutkan hingga dicapai suatu modus atau jawaban tipikal. Biasanya jarang melampaui tiga kali peningkatan.
- 5) Setelah menentukan ambang pendengaran untuk frekuensi pengujian awal, Cantumkan simbol-simbol yang sesuai dengan audiogram.
- 6). Lanjutkan dengan frekuensi berikutnya dalam rangkaian, mulailah nada tersebut pada tingkat yang lebih rendah 15 – 20 dB dari ambang frekuensi yang diuji sebelumnya. Misalnya jika ambang pendengaran untuk frekuensi 1000 Hz adalah 50 dB, maka mulailah frekuensi 2000 Hz pada intensitas 30 atau 35 dB.
- 7) Teknik ini dapat digunakan untuk menentukan ambang hantaran tulang maupun udara. Pada audiometer ambang hantaran tulang, biasanya tidak terdapat frekuensi 6000 dan 8000 Hz.

#### **2.4.10 Hasil Test**

Seorang ahli audiologi mengukur tingkat pendengaran dengan nada murni melalui udara atau melalui konduksi tulang dan juga dengan tes bicara dan pengukuran diskriminasi kata. Ambang dapat didefinisikan sebagai intensitas terendah (diukur dalam desibel) pada seorang individu yang dideteksi dengan nada murni atau signal ucapan lebih dari 50 persen. Ambang suara murni melalui hantaran udara udara dan tulang diukur pada frekuensi 250 Hz sampai 8000 Hz.

Pada range frekuensi ini sangat penting untuk mendeteksi dan mengetahui signal pembicaraan.. Pendengaran dikatakan normal ketika ambang sensitifitas antara 0 dan 20 dB pada frekuensi 250 Hz sampai 8000 Hz (Gambar 2.8 )





**Gambar 2.10 Klasifikasi tingkatan ketulian. ASHA - 1990.**

Sumber : [www-ivertigo\\_net-graphics](http://www-ivertigo_net-graphics)

Respon yang lebih besar dari 20 dB diklasifikasikan dalam tingkat ringan, sedang, berat, cukup berat dan profound (Lihat gambar 2.8). Pada pengukuran ambang konduksi tulang yang ditransmisikan melalui osilator tulang, biasanya ditempatkan pada tulang mastoid. Pemeriksaan ini secara langsung merangsang koklea tidak melewati telinga luar dan telinga tengah. Penurunan ambang konduksi udara dan sensitifitas menunjukkan abnormalitas sistem telinga luar dan telinga tengah dan terjadi ketulian konduksi.

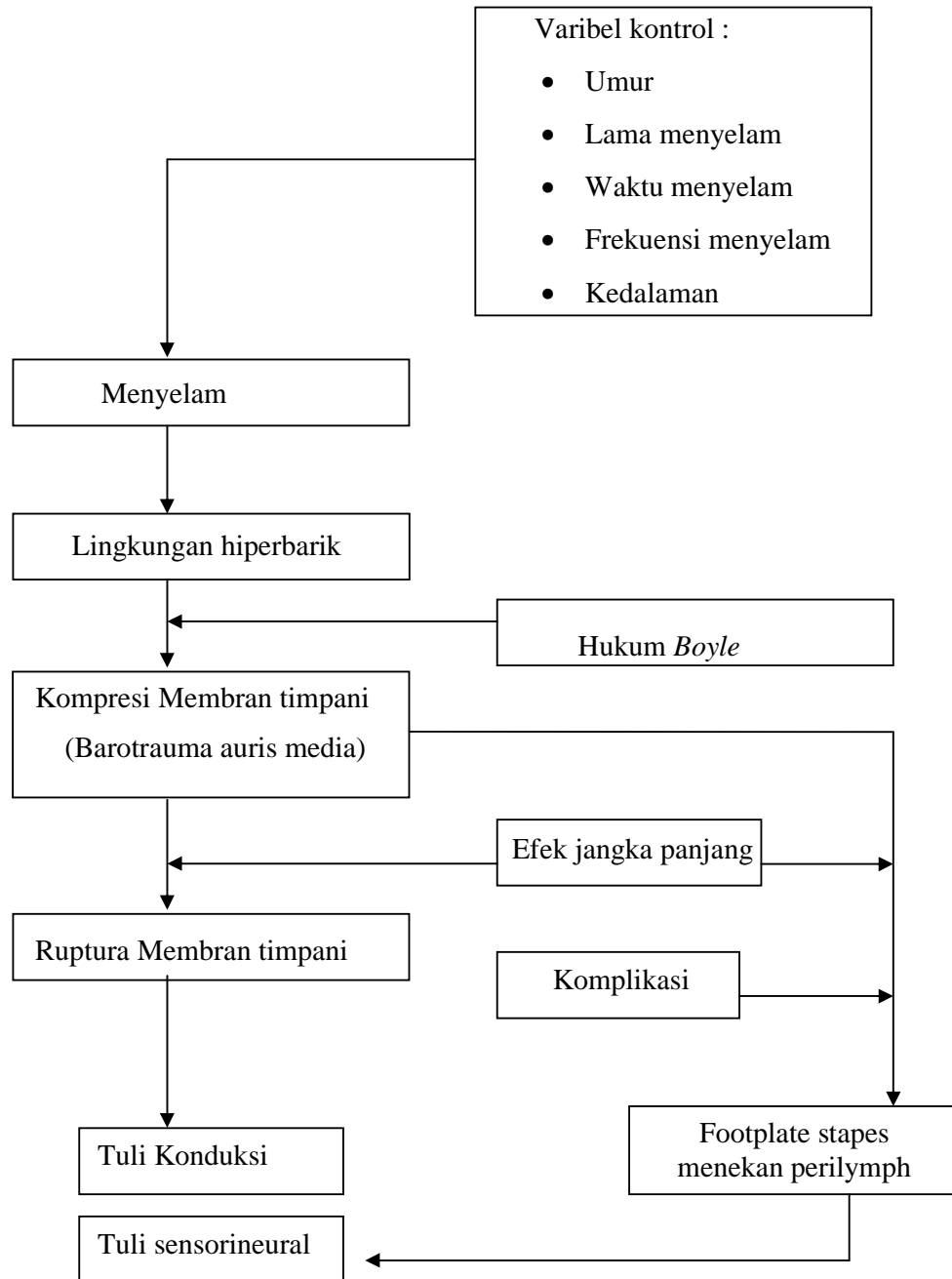
Pendengaran Normal	=	0 – 20 dB
Ketulian Ringan	=	20 – 40 dB
Ketulian Sedang	=	40 – 55 dB
Ketulian Sedang-Berat	=	55 – 70 dB
Ketulian Berat	=	70 – 90 dB
Ketulian Dalam	=	> 90 dB

Sumber : ([www.wou.edu/wrocc](http://www.wou.edu/wrocc))

## 2.5 Kerangka Konseptual Penelitian

Ketika seseorang menyelam dalam suatu kedalaman laut terdapat dua tekanan yang bekerja pada tubuh yaitu tekanan udara diatas air dan tekanan karena air itu sendiri. Besarnya tekanan atmosfer ini bervariasi tergantung ketinggian tempat dari permukaan laut, biasanya tekanan atmosfer ini dianggap konstan dan sama dengan 760 mmHg (1 atm). Sedangkan tekanan air adalah tekanan yang disebabkan oleh berat air diatas tubuh. Kedua tekanan ini akan bekerja pada telinga dimana setiap turun dalam kedalaman 10 meter maka tekanan akan menjadi 2 atm dan seterusnya. Kerusakan telinga terutama membran timpani dapat terjadi pada perbedaan tekanan 100-700 mmHg (1,5 – 9 meter)

Berdasarkan hukum *Boyle* semakin besar kolom air (V) maka tekanan (P) yang bekerja pada telinga akan semakin besar dengan demikian kerusakan yang ditimbulkan pada telinga akan semakin besar begitu pula tingkat ketulian pada penyelam tersebut, dan hal ini juga dipengaruhi oleh faktor lain misalkan: frekuensi, lama menyelam dalam air, dan teknik menyelam.



**Gambar 2.11** Skema kerangka konseptual pengaruh barotrauma auris pada Nelayan penyelam terhadap gangguan pendengaran

Kerangka konseptual penelitian terdiri dari variabel bebas dan variabel lain yang mempengaruhi variabel tergantung, dalam hal ini variabel bebas yang diteliti.

## **2.6 Hipotesis Penelitian**

Hipotesis dalam penelitian ini adalah Adanya pengaruh barotrauma auris terhadap gangguan pendengaran pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember.

## **BAB 3. METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian survey dengan pendekatan studi *cross sectional*, yaitu penelitian untuk mempelajari dinamika korelasi, dimana observasi dilakukan pada satu saat (*point time approach*). Tiap subyek hanya di observasi sekali saja dan pengukuran dilakukan terhadap variabel subyek pada saat pemeriksaan (Pratikya, 2003)

### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini bertempat di Poli THT RSUD dr. Soebandi Kabupaten Jember sedangkan waktu pelaksanaan dilakukan pada bulan September 2006.

### **3.3 Populasi Sampel, Besar Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel**

Sampel diambil secara random dari populasi nelayan penyelam, laki-laki berusia 15 – 40 tahun, aktif menyelam selama 3 tahun, frekuensi lebih dari 3 kali per minggu, berdomisili di Kelurahan Puger Wetan dan tergabung dalam Forum Komunikasi Nelayan (FKN) di Kecamatan Puger sejumlah 60 orang nelayan penyelam. Besar sampel yang diteliti adalah sebanyak 20% dari jumlah populasi penelitian. (Sedarmayanti, 2002)

Sampel diambil secara random dengan mengambil 20% dari populasi, sehingga besar sampel adalah 16 orang.

### **3.4 Kriteria Sampel**

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

#### **3.4.1 Kriteria Inklusi**

- a. Nelayan penyelam yang aktif menyelam (frekuensi minimal 3 kali per minggu)
- b. Aktif menyelam selama > 3 tahun
- c. Laki-laki berusia 15-40 tahun

- d. Bertempat tinggal di Kelurahan Puger Wetan, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember.
- e. Kedalaman menyelam minimal 1,5 meter

### **3.4.2 Kriteria Eksklusi**

- a. Penyelam memakai peralatan
- b. Penyelam memakai teknik
- c. Mengalami ketulian sebelum menyelam
- d. Penyelam pernah menjalani pengobatan ketulian

### **3.5 Identifikasi Variabel**

#### **3.5.1 Variabel Bebas**

Barotrauma Auris

#### **3.5.2 Variabel Tergantung**

Gangguan pendengaran

#### **3.5.3 Variabel Kendali**

Jenis kelamin, umur, lama menyelam, dan frekuensi menyelam rata-rata

### **3.6 Definisi Operasional Variabel**

#### **a. Nelayan**

Seseorang yang mencari ikan sebagai mata pencaharian (Oxford, 1994)

#### **b. Menyelam**

Menyelam adalah suatu kegiatan yang dilakukan di bawah permukaan air, dengan atau tanpa menggunakan peralatan untuk mencapai tujuan tertentu. (Soepadmo, 1990) Penyelaman adalah kegiatan yang dilakukan pada tekanan lebih dari 1 atmosfer, baik di dalam air (penyelaman basah) maupun di dalam RUBT (Ruang Udara Bertekanan Tinggi). Penyelaman basah maupun kering sama-sama mempunyai risiko akibat menghisap gas-gas pernafasan tekanan tinggi dengan segala akibatnya. (Lakesla, 1995)

c. Barotrauma

Barotrauma adalah kerusakan jaringan dan sekuelenya akibat ketidakseimbangan antara tekanan udara dari rongga udara fisiologis dalam tubuh dengan udara sekitarnya. (Lakesla, 1995)

d. Gangguan Pendengaran

Adalah ketidakmampuan fungsi telinga untuk menerima suara karena abnormalitas struktural telinga (USA Today, 2008).

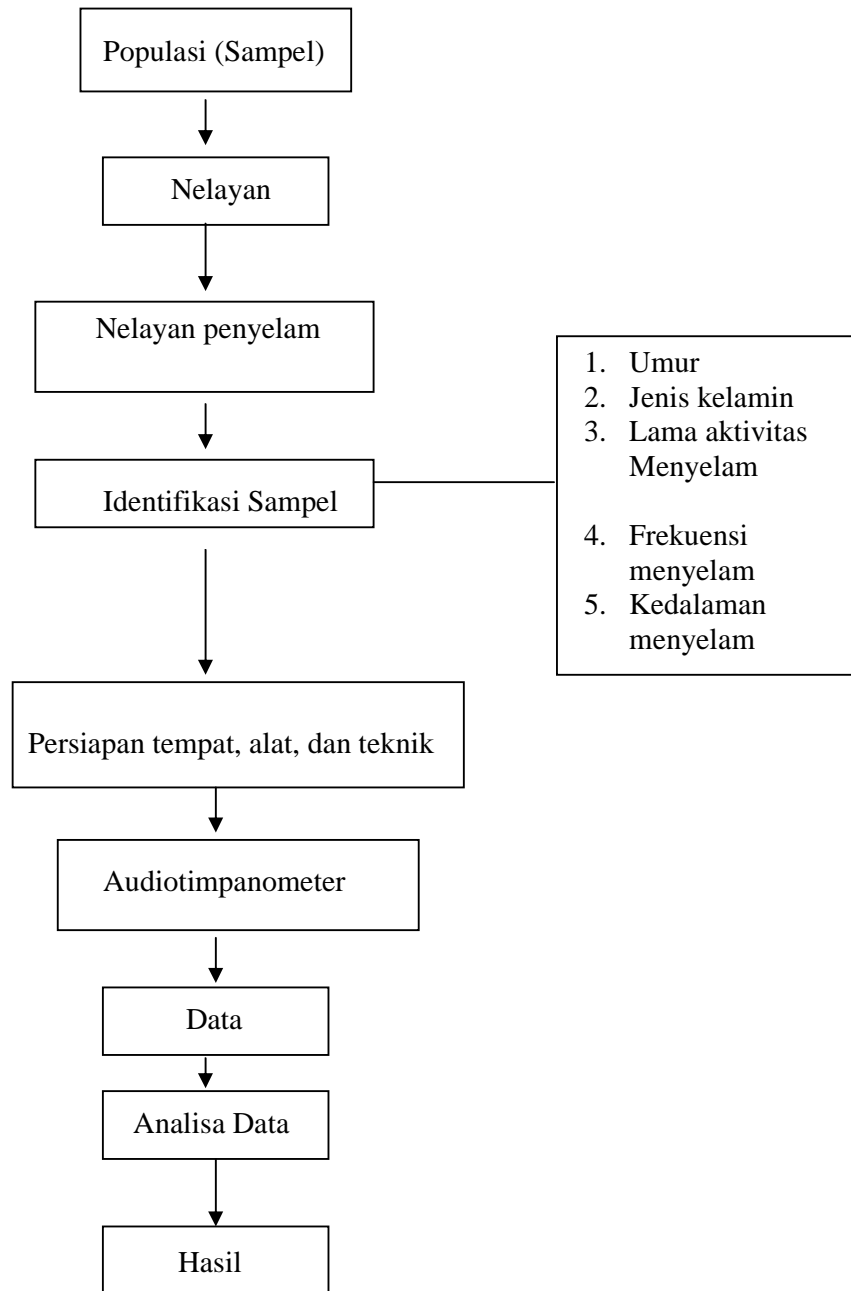
### **3.7 Alat dan Bahan Penelitian**

a. Audiotimpanometer

b. Kertas Audiogram

c. Ruang kedap suara

### 3.8 Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Kegiatan Penelitian Pengaruh Barotrauma auris terhadap gangguan pendengaran pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember



### **3.9 Teknik Penyajian dan Analisa Data**

Data yang diperoleh diteliti secara analitik, uji statistik yang digunakan adalah uji statistik korelasi Chi-square dari Pearson dengan skala data kategorik yang bersifat kualitatif untuk mengetahui hubungan yang bermakna secara statistik antara variabel bebas dan variabel terikat dengan derajat kemaknaan 5% atau  $\alpha = 0,05$  melalui program Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini adalah penelitian analitik observasional dengan menggunakan data yang diperoleh dari pemeriksaan pada nelayan penyelam di RSUD dr. Soebandi Jember. Dari data tersebut kemudian dilihat riwayat penyakit terdahulu yang diduga merupakan faktor risiko terjadi ketulian ini, baik ketulian konduksi, sensorineural maupun Campuran. Hasil penelitian pada nelayan penyelam dengan pemeriksaan Audiotimpanometer didapatkan hasil sebagai berikut:

### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Data Umum, dan Karakteristik

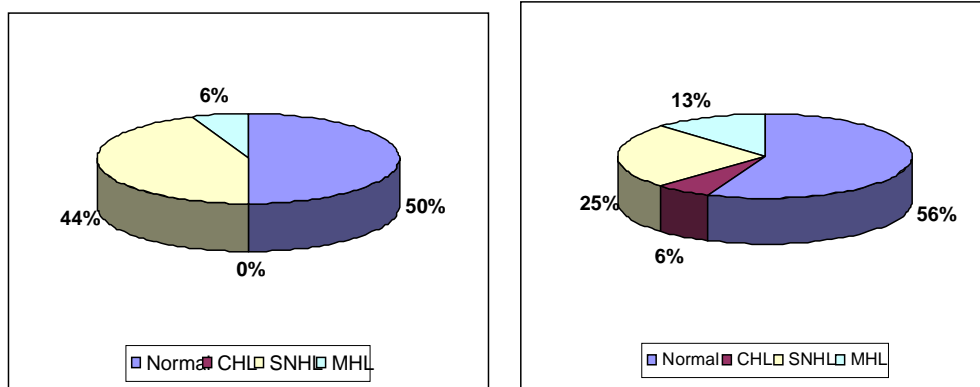
Penelitian tentang hubungan antara menyelam terhadap tingkat ketulian di RSUD dr. Soebandi ini berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan di poli THT dengan menggunakan alat Audiotimpanometer pada bulan September 2006.

Tabel 4.1 Distribusi pasien yang mengalami ketulian berdasarkan jenis ketulian pada pengukuran Audiotimpanometer di RSUD. dr Soebandi Jember. Pada bulan September 2006

No	Tipe ketulian	$\sum$ AD	%	$\sum$ AS	%
1	Normal	8	50	9	56.25
2	CHL	0	0	1	6.25
3	SNHL	7	43.75	4	25
4	MHL	1	6.25	2	12.5
Jumlah		16	100	16	100

Ketulian mempunyai 3 tipe, yaitu tipe Konduksi (CHL), Sensorineural (SNHL), dan tipe campuran (MHL). Pada pasien yang kami periksa jenis ketulian dengan pembedaan telinga kanan dan kiri kami dapatkan data sebagai berikut: Pada telinga kanan separuh dari pasien masih memiliki pendengaran yang normal (50%), dan hampir separuhnya lagi memiliki ketulian jenis sensorineural (SNHL) sebesar 43.75%, sedangkan sisanya hanya 6.25 % yang memiliki ketulian tipe

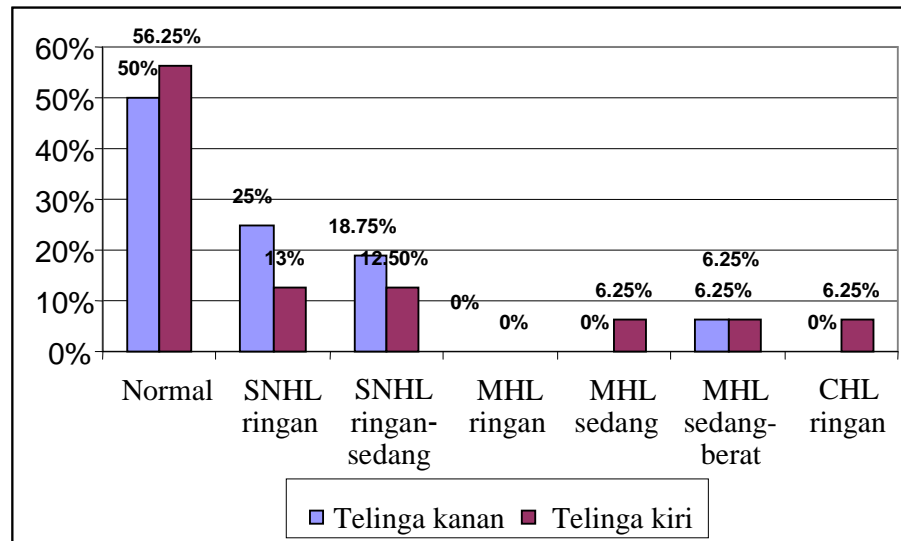
MHL. Pada pemeriksaan telinga kiri juga hampir tidak jauh berbeda, 56.25% pasien masih dalam batas normal, 6.25% memiliki tipe konduksi, 25% adalah tipe sensorineural (SNHL), dan sisanya adalah MHL dengan prosentase sebesar 12.5%. Gambaran distribusi penderita ketulian dapat dilihat dari diagram berikut di bawah ini :



**Gambar 4.1 Distribusi tipe ketulian dengan pembagian telinga kanan dan telinga kiri**

Tabel 4.2 Distribusi pasien yang mengalami ketulian berdasarkan tingkat ketulian pada pengukuran Audiotimpanometer di RSUD. Dr Soebandi Jember. Pada bulan September 2006

No	Tingkat ketulian	$\sum AD$	%	$\sum AS$	%
1	Normal	8	50	9	56.25
2	SNHL ringan	4	25	2	12.5
3	SNHL ringan-sedang	3	18.75	2	12.5
4	MHL ringan	0	0	0	0
5	MHL sedang	0	0	1	6.25
6	MHL sedang-berat	1	6.25	1	6.25
7	CHL ringan	0	0	1	6.25
Jumlah		16	100	16	100



**Gambar 4.2** Distribusi tingkat ketulian dengan pembagian telinga kanan dan kiri

Tabel 4.3 Distribusi pasien yang mengalami kelainan membran timpani pada pemeriksaan Audiotimpanometer di RSUD. dr Soebandi Jember. Pada bulan September 2006

No	Membran timpani	$\Sigma$ AD	%	$\Sigma$ AS	%
1	Intak	10	62.5	10	62.5
2	Perforasi	3	18.75	3	18.75
3	<i>Restricted</i>	3	18.75	3	18.75
	Jumlah	16	100	16	100

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa sebagian besar membran timpani pasien dalam keadaan intak yaitu sebesar 62.5%, sedangkan membran timpani yang mengalami perforasi ada sebanyak 3 orang (18.75%) sama jumlahnya dengan membran timpani yang mengalami pengkerutan (*restricted*) yaitu 18.75%. Pada pemeriksaan otoskopi didapatkan bahwa distribusi untuk telinga kanan dan kiri adalah sama untuk membran timpani.

## 4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh barotrauma auris terhadap gangguan pendengaran pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember. Menyelam merupakan kegiatan yang telah dilakukan sejak dahulu oleh nelayan namun selama ini nelayan belum dibekali ilmu yang cukup mengenai *safety diving* sehingga dapat membahayakan kesehatan mereka (Massi, 2005). Aktifitas menyelam mempunyai efek jangka panjang pada fisiologis tubuh manusia. Perubahan fisiologis dapat terlihat dari manifestasi gejala dekompresi. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan frekuensi kasus *osteonecrosis dysbaric* dan gangguan pendengaran yang didiagnosa pada nelayan penyelam komersial di *Orange beach* (Campbell, 2003). Pada studi lain yang dilakukan oleh Molvaer dan Lehman menyebutkan bahwa peningkatan ambang pendengaran lebih banyak ditemukan pada penyelam daripada subyek yang tidak menyelam untuk usia yang sama pada pemeriksaan sebelum dan setelah penyelaman. (Molvaer, 1988)

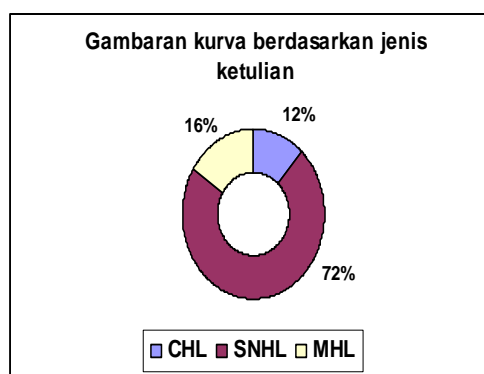
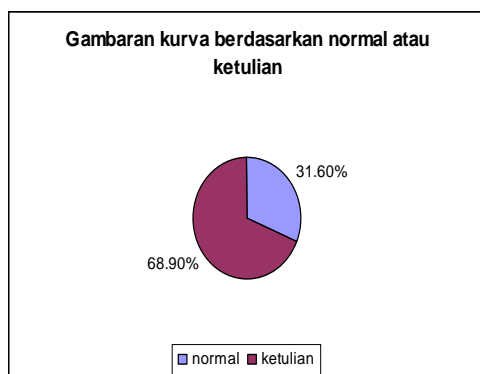
Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh barotrauma terhadap tingkat ketulian dengan menggunakan alat Audiotimpanometer yang memiliki sensitifitas yang tinggi untuk mengetahui seberapa tingkat kepekaan pendengaran seseorang.

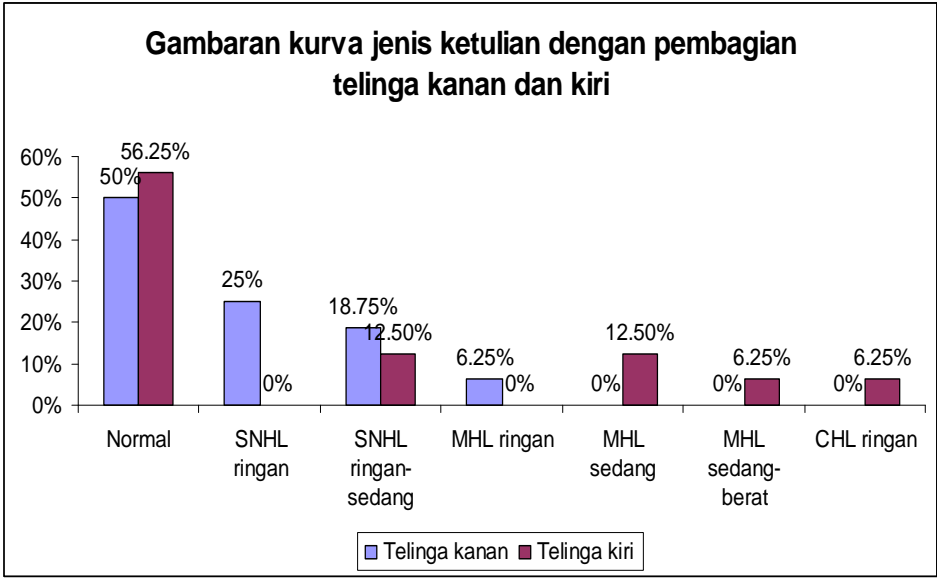
Populasi dari penelitian ini sebanyak 60 orang penyelam, dengan kriteria usia berkisar 15 – 40 tahun, aktif menyelam lebih dari 3 tahun, frekuensi penyelaman minimal 3 kali per minggu, dan menyelam dengan kedalaman minimal 1,5 meter (Massi, 2005). Sampel diambil secara random dengan mengambil 20% dari populasi sehingga sampel yang didapat adalah 16 orang. (Sedarmayanti, 2002).

Menurut hukum *Boyle* penurunan atau peningkatan pada tekanan lingkungan akan memperbesar atau menekan (secara berurutan) suatu volume gas dalam ruang tertutup. Barotrauma dapat terjadi bilamana ruang-ruang berisi gas dalam tubuh (telinga tengah, paru-paru) menjadi ruang tertutup dengan menjadi buntunya jaras ventilasi normal. Barotrauma paling sering terjadi pada telinga tengah, hal ini terutama karena rumitnya fungsi tuba eusthasius. Barotrauma pada

telinga tengah ini dapat terjadi pada saat menyelam dengan kedalaman minimal 10 – 20 kaki. (Lakesla, 2005). Kerusakan pada telinga tengah merupakan salah satu penyebab terjadinya ketulian, baik ketulian konduksi (*Conductive hearing loss*) maupun ketulian saraf (*Sensorineural hearing loss*) yang merupakan komplikasi dari ketulian telinga tengah. (Lakesla, 2005)

Pada penelitian ini dapat dibuktikan bahwa aktifitas menyelam memberikan efek yang berbahaya bagi tubuh terutama pada kemampuan fungsi luhur manusia berupa indra pendengaran yang merupakan indra yang paling efektif untuk menerima informasi (Soewito, 2003). Pada penelitian ini didapatkan hasil sebesar 31,1 % penyelam memiliki pendengaran dalam batas normal, namun 68,9 % penyelam yang diperiksa mengalami ketulian dengan berbagai jenis ketulian dan tingkat ketulian, dengan perincian sebagai berikut : berdasarkan jenis ketulian, tuli konduksi sebesar 12 %, tuli sensorineural sebesar 72 % dan tuli campuran sebesar 16 %. Pembagian prosentase jenis ketulian ini berdasarkan asumsi tanpa membedakan apakah yang mengalami ketulian telinga kanan atau telinga kiri. Jika pembagian lebih diperinci dengan memegang prinsip membedakan telinga kanan dan telinga kiri didapatkan hasil sebagai berikut : Pada telinga kanan sebesar 50 % memiliki pendengaran dalam batas normal, 25 % SNHL ringan (*Sensorineural hearing loss*), 18,75 % SNHL ringan-sedang, 6,25 % MHL (*Mixed hearing loss*). Sedangkan pada telinga kiri sebesar 56,25 % berada dalam batas normal, CHL ringan (*Conductive hearing loss*) sebesar 6,25 %, SNHL ringan 12,5 %, SNHL ringan-sedang sebesar 12,5 %, MHL sedang 6,25 %, dan MHL sedang-berat 6,25 %.





Dari hasil yang didapatkan jika dilihat berdasarkan jenis ketulian maka didapatkan nilai ketulian *Sensorineural hearing loss* (SNHL) paling tinggi yaitu sebesar 56,25 %, sekitar 9 kali lebih besar dari tuli konduksi *Conduction hearing loss* (CHL), Padahal secara patofisiologi barotrauma seharusnya yang mengalami kerusakan adalah sistem telinga tengah, hal ini bisa dijelaskan sebagai berikut :

Ketika penyelam melakukan penyelaman dalam jangka waktu yang lama maka tekanan kavum timpani akan meningkat dengan cepat (terutama saat turun), menyebabkan membran timpani terdorong ke kavum timpani, hal ini menyebabkan *footplate* dari stapes akan terdorong kedalam yang selanjutnya menekan perilmfe dan mengakibatkan membran foramen rotundum terdorong keluar. (Lakesla, 2005). Di telinga dalam terdapat cairan perilmfe dan endolimfe yang dipisahkan oleh membran tipis yang merupakan tempat yang banyak mengandung jaringan saraf dan untuk keseimbangan, fluktuasi tekanan cairan ini dapat menekan membran yang kaya akan jaringan saraf sehingga mengganggu pendengaran, tinnitus, gangguan keseimbangan serta sensasi tertekan pada telinga. Pada episode *hydrop* tekanan endolimfe akan meningkat sedemikian rupa sehingga membran pemisah antara perilmfe (kadar potassium rendah di ekstraselluler) dan endolimfe (kadar potassium tinggi di intraselluler) sehingga terjadi percampuran kimia di reseptor nervus vestibulokoklearis menyebabkan

hambatan depolarisasi saraf. Keadaan dapat menyebabkan gangguan pendengaran dan keseimbangan. (John C li, 2007)

Meskipun demikian, setidaknya ada tiga patofisiologi yang menjelaskan terjadinya barotrauma telinga dalam yaitu: kerusakan koklea dan perdarahan intralabirin, fistula perilimfe, dan penyakit dekompresi sekunder akibat gelembung udara di *round window* (Harrill, 1995). *Inner Ear Decompression Sickness* (IEDS) merupakan bentuk kerusakan koklea non trauma akibat pembentukan gelembung udara dalam telinga tengah akibat perubahan komposisi oksigen dengan gas lain seperti nitrogen dan helium. Gelembung udara tersebut akan memblokir mikrosirkulasi dan menyebabkan iskemia pada *stria vascularis*, *spiral ligament*, dan kanalis semisirkularis (Mc Cormick et al, tanpa tahun). Oklusi vaskuler ini menyebabkan aktivasi faktor XII sehingga dapat terjadi hiperkoagulasi di telinga dalam (Harrill, 1995). Kemungkinan hal inilah yang menjelaskan bahwa hampir sebagian besar kelainan telinga dalam pada penyelam memiliki membran timpani yang normal.

Timpanometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur mobilitas telinga tengah ketika diberikan tekanan udara yang bervariasi pada kanalis eksterna. Hasilnya berupa gambaran yang mewakili tekanan sepanjang aksis X dan *compliance* sepanjang aksis Y. (Bobby, 2006), gambaran yang didapatkan dari timpanometer berupa grafik dengan berbagai macam tipe yaitu Tipe A, Tipe B, Tipe C, Tipe As dan Tipe Ad. yang menggambarkan keadaan telinga tengah. Pada penelitian ini (Lihat lampiran grafik timpanometer ) didapatkan hasil berbagai macam tipe sebagai berikut: Hampir sebagian besar timpanometer yang dihasilkan adalah tipe A karena berada dalam kisaran ordinat Y (*Compliance*) antara 0.2 – 2.0 ml pada ordinat X (tekanan) antara (-150 - +100 mmH<sub>2</sub>O) hal ini berarti sebagian besar tidak mengalami kerusakan membran timpani (Bredfeld, 1991).

Namun pada beberapa sampel didapatkan Timpanogram tipe C yang ditandai dengan adanya peak pada *compliance* maksimal kurang dari -100 mmH<sub>2</sub>O, interpretasi dari grafik ini adalah adanya membran timpani yang *restricted* baik disertai dengan efusi maupun tidak.(Lee D, tanpa tahun).



*Restricted* membran timpani merupakan sekuele yang signifikan dari Otitis Media Efusi (OME) yang dihubungkan secara klinis dengan *atelectasis*, *ossicular erosion*, dan *cholesteatoma*. (Li Y, 1999). Ketika penyelam turun maka ruangan telinga tengah mengikuti hukum *Boyle*. Semakin tinggi tekanan maka volume akan semakin rendah dan harus di samakan dengan beberapa teknik, namun jika tekanan ini tidak disamakan maka sebagai kompensasi membran timpani akan retraksi dan akan terjadi efusi cairan dan darah pada telinga tengah.(Mc Graw, tanpa tahun)

Berikut ini contoh gambaran timpanometer yang kami dapatkan dari penelitian kami :

Gambar 4.3 Contoh Timpanogram pada pasien dengan kelainan timpanometer tipe C

Pada Timpanogram diatas atas nama Hasan Bisri pada telinga kiri didapatkan kurva Tipe C, dengan diagnosa *restricted Tympanic membrane* yang berefek ketulian ringan dengan tipe *Sensorineural hearing loss (SNHL)*.

Namun pada pengolahan data melalui program SPSS, untuk mengetahui apakah ada hubungan antara kerusakan membran timpani akibat barotrauma terhadap tingkat ketulian tidak mencukupi standar kesalahan yaitu  $\alpha < 0.05$ . dengan demikian maka tidak ada hubungan yang signifikan antara kerusakan membran timpani dengan tingkat ketulian, meskipun jika ditinjau secara patofisiologi menyatakan hal yang sebaliknya. Hal ini mungkin dikarenakan patofisiologi gangguan pendengaran bukan hanya karena trauma namun bisa juga nontrauma misalkan pada *Inner Ear Decompression Sickness (IEDS)* yang terjadi karena adanya gelembung udara yang menyebabkan oklusi mikrovaskuler di telinga dalam. Dengan demikian kerusakan membran timpani tidak selalu diikuti dengan kerusakan telinga dalam atau sebaliknya kerusakan telinga dalam tidak selalu diikuti dengan kerusakan membran timpani. Berarti ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi. Sehingga perlu dilakukan pemeriksaan lebih lanjut.

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan tentang pengaruh barotrauma auris terhadap gangguan pendengaran pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Ada pengaruh barotrauma auris terhadap gangguan pendengaran pada nelayan penyelam di Kecamatan Puger Kabupaten Jember
- b. Ketulian yang terjadi akibat menyelam sebagian besar adalah ketulian tipe sensorineural dengan nilai 56.25 % sedangkan tipe konduksi sebesar 9 % diikuti dengan ketulian tipe campuran yang memiliki nilai 12.5%, sisanya yaitu 31.25% memiliki nilai normal.
- c. Pembagian ketulian berdasarkan tingkat ketulian adalah sebagai berikut: ketulian ringan sebesar 43.75%, ketulian ringan-sedang sebesar 18.75%, ketulian sedang sebesar 6.25%, ketulian berat 0% dan sisanya 31.25% masih dalam batas normal.

### **5.2 Saran**

Dari hasil penelitian ini didapatkan saran sebagai berikut:

- a. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai faktor risiko yang lain yang juga mempengaruhi insiden terjadi ketulian.
- b. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai cara pencegahan dan pengobatan ketulian pada penyelam.

## Lampiran 4

**Regression****Descriptive Statistics**

	Mean	Std. Deviation	N
Tekanan Kanan	-52.2500	85.21541	16
Compliance Kanan	1.4613	3.14674	16
Frekuensi Kanan	31.2500	22.54625	16

**Correlations**

		Tekanan Kanan	Compliance Kanan	Frekuensi Kanan
Pearson Correlation	Tekanan Kanan	1.000	.082	.082
	Compliance Kanan	.082	1.000	.044
	Frekuensi Kanan	.082	.044	1.000
Sig. (1-tailed)	Tekanan Kanan	.	.381	.382
	Compliance Kanan	.381	.	.435
	Frekuensi Kanan	.382	.435	.
N	Tekanan Kanan	16	16	16
	Compliance Kanan	16	16	16
	Frekuensi Kanan	16	16	16

**Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Frekuensi Kanan, Compliance Kanan	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Tekanan Kanan

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	Change Statistics				
	R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.013 <sup>a</sup>	.085	2	13	.919

a. Predictors: (Constant), Frekuensi Kanan, Compliance Kanan

b. Dependent Variable: Tekanan Kanan

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-64.612	40.815		-1.583	.137
	Compliance Kanan	2.137	7.470	.079	.286	.779
	Frekuensi Kanan	.296	1.043	.078	.284	.781

a. Dependent Variable: Tekanan Kanan

**Casewise Diagnostics<sup>a</sup>**

Case Number	Std. Residual	Tekanan Kanan
6	-3.369	-362.00

a. Dependent Variable: Tekanan Kanan

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-61.9579	-28.1375	-52.2500	9.67639	16
Residual	-306.428	51.01499	.00000	84.66424	16
Std. Predicted Value	-1.003	2.492	.000	1.000	16
Std. Residual	-3.369	.561	.000	.931	16

a. Dependent Variable: Tekanan Kanan

## Regression

### Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Tekanan Kiri	-104.9375	125.75769	16
Compliance Kiri	.5531	.93696	16
Frekuensi Kiri	25.9375	20.26645	16

### Correlations

		Tekanan Kiri	Compliance Kiri	Frekuensi Kiri
Pearson Correlation	Tekanan Kiri	1.000	.280	.190
	Compliance Kiri	.280	1.000	.308
	Frekuensi Kiri	.190	.308	1.000
Sig. (1-tailed)	Tekanan Kiri	.	.147	.241
	Compliance Kiri	.147	.	.123
	Frekuensi Kiri	.241	.123	.
N	Tekanan Kiri	16	16	16
	Compliance Kiri	16	16	16
	Frekuensi Kiri	16	16	16

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Frekuensi Kiri, Compliance Kiri	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Tekanan Kiri

### Model Summary<sup>b</sup>

Model	Change Statistics				
	R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.090 <sup>a</sup>	.645	2	13	.541

a. Predictors: (Constant), Frekuensi Kiri, Compliance Kiri

b. Dependent Variable: Tekanan Kiri

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-141.533	53.826		-2.629	.021
	Compliance Kiri	32.856	37.321	.245	.880	.395
	Frekuensi Kiri	.710	1.725	.114	.412	.687

a. Dependent Variable: Tekanan Kiri

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-133.7736	25.4037	-104.9375	37.78810	16
Residual	-261.725	109.61684	.00000	119.94605	16
Std. Predicted Value	-.763	3.449	.000	1.000	16
Std. Residual	-2.031	.851	.000	.931	16

a. Dependent Variable: Tekanan Kiri



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, K. 2005. *Analisis Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja Penyelam Tradisional (Safety Health Environment Analysis For Traditional Divers)*. Bogor: Tesis Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Adam, G.L. Boeis, L.R. 1997. *Buku Ajar Penyakit THT* edisi 6. Jakarta: EGC
- Adam, G.L. 1989. *Fundamentals of Otolaryngology*. Philadelphia : W.B. Saunders. Philadelphia
- Alford Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery [on-line] *Core Curriculum Syllabus Audiology* [19 Agustus 2006]
- Anonim 2005. *Nelayan*. [online]. <http://www.Wikipedia.com>. [22 April 2005]
- Anonim, 2006. *Audiometry*. [on-line]. <http://www.ebme.co.uk>. [19 Agustus 2006]
- Anonim, 2006. *Examination of hearing*. [on-line]. <http://www.ivertigo-net-grafics..> [19 Agustus 2006]
- Atmosoewarno, Soewito. 2003. *Peran Indera Pendengar dalam Kehidupan Manusia*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada
- Bentz, B.G., Hughes, C.A. 2002 *Barotrauma: American Hearing Research Foundation*. Northwestern university, USA. [20 November 2007]
- Bredfeldt, 1991. *Tympanometri* [on-line]. <http://www.Wikipedia.com> [20 oktober 2007]
- British Society of Audiology, 2004. *Pure tone air and bone conduction threshold audiometry with and without masking and determination of uncomfortable loudness levels*. [online] <http://www.thebsa.org.uk/docs/bsapta.doc>. [30 November 2006]
- Campbell, E. 2003. *Long Term Effect Of Sport Diving*. Diving Medical Center [online] <http://www.scuba.doc.com/LTE> [21 Mei 2006]
- Carol J. Ye er, *Understanding frequency and Intensity The Audiometer The Audiogram and Interpretation*. [online]. <http://www.wou.edu/wrocc>. [29 November 2006]

- Cormick, Mc. tanpa tahun . *Diving induced sensorineural deafness: prophylactic use of heparin and preliminary histopathology results*. United stated : Houston Laryngoscope. [online]. <http://www.bcm.edu/oto/grand/32395.html> [14 februari 2008]
- Essex School of Diving, 2006. *Scuba diving in Cholchester in Essexs The Audiogram and interpretation*. [online]. <http://www.Essexschoolodiorg.com>. [5 desember 2007]
- Ganong, W. 2003. *Buku Ajar Fisiologi kedokteran*. Jakarta.: Penerbit Buku kedokteran EGC, The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Guyton & Hall. 1997. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran, E/9*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC Jakarta.
- Harrill, Willard, 1995. *Barotrauma of The Middle and Inner ear*. [online]. <http://www.bcm.edu/oto/grand/32395.html> [14 februari 2008]
- Kecamatan Puger. 2005. *Profil Kecamatan Puger*
- LAKESLA (Lembaga Kesehatan Angkatan Laut). 1995. *Ilmu Kesehatan Bawah Air*. Surabaya: Indonesia.
- Li, C John. 2007. *Inner ear, Meniere disease, Medical treatment*. [online]. <http://www.emedicine.com/ent/topic232.htm> [25 Januari 2008]
- Graw, Mc. Tanpa tahun. *Current Diagnosis & Treatment in Otolaryngology€“Head & Neck Surgery, 2nd Ed* [online]. The McGraw-Hill Companies.
- Molvaer, OI., Lehmann, EH. 1988. *Long Term Effect of Sport Diving* [online]. <http://209.85.175.104/search?q=cache:KNOTZvxXVRQJ:scuba-doc.com/LTE.pdf+long+term+effect+diving,+otologic&hl=id&ct=clnk&cd=2&gl=id>. [25 Januari 2008]
- Onusko, Edward. 2004. *Tympanometri American Academy of family Physicians* [online]. [28 Oktober 2007]
- Oxford University. 1994. *Pocket oxford dictionary*. United kingdom: Oxford University Press. United Kingdom.
- Pratiknya, A.W. 2001. *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Kedokteran dan Kesehatan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

- Price, lane. 2001. *Auditory and Vestibular system* [online]. <http://webschoolsolutions.com/patts/systems/ear.htm> [19 November]
- Rukmini, S. & Herawati, S.2000. *Teknik Pemeriksaan Telinga, Hidung dan tenggorokan*. Jakarta; EGC Jakarta.
- Santoso, Singgih. 2000. *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*. Jakarta: PT. Alex Media Computindo
- Soepadmo G & Indarto S. 1990. *Kesehatan Penyelaman*. Jakarta: Rumah Sakit TNI-AL dr. Mintoharjo.
- Tanpa nama, 2008. *Health Encyclopedia- Disease and Conditions*. [online]. <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/hearing+loss> [19 Februari 2008]
- Thiritz, D & Kadir, A. 2005. *Gangguan Pendengaran dan Keseimbangan Pada Penyelam Tradisional Suku Bajo Sulawesi Selatan*. [online]. [http://med.unhas.ac.id/en/DataJurnal/tahun2005vol26/Vol26No.3ok/AA-4-1%20Gangguan%20Pendengaran%20\(Djuari%20T\)ok.pdf](http://med.unhas.ac.id/en/DataJurnal/tahun2005vol26/Vol26No.3ok/AA-4-1%20Gangguan%20Pendengaran%20(Djuari%20T)ok.pdf). [23 Januari 2008]
- Tortora, G.J. 1996. *Principle of Anatomy and Physiology*. New york : Harper Collins. New york.
- Universitas Jember. 2005. *Pedoman Penulisan Karya Tulis Ilmiah. Edisi Revisi*. Jember: UPT Penerbit UNEJ.
- Y, Li. 1999. *Prospective study of tympanic membrane retraction, hearing loss, and multifrequency tympanometry*. [online]. USA : Department of Otolaryngology, Otitis Media Research Center, University of Minnesota Medical School, Minneapolis, MN 55455, USA. [26 Januari 2008 ]

