



**KAJIAN TEKANAN PARSIAL PADA RUANG TERAPI
OKSIGEN HIPERBARIK INSTALASI RUMAH SAKIT
PARU JEMBER**

SKRIPSI

Oleh :

**Dewi Azzahra Puspita
NIM 111810201046**

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**KAJIAN TEKANAN PARSIAL PADA RUANG TERAPI
OKSIGEN HIPERBARIK INSTALASI RUMAH SAKIT
PARU JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

Dewi Azzahra Puspita
NIM 111810201046

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang serta mengucapkan rasa syukur Alhamdulillah, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. kedua orang tua tercinta ibu Dra. Wahyu Luluk Rusida, Ayah Drs. Maryoto dan Adikku Fatimah Azzahra yang tercinta, saya ucapkan terima kasih atas doa, nasehat, dukungan serta kasih sayang yang telah diberikan, semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat-Nya kepada keluarga kita;
2. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. sahabat-sahabatku Dwi Jane, Vidia Ariani, Raisa Nadirawati, Irnin Miladdyan, Putri Rizki, Umi Sa'adah, Nur Sarafina, Nurul Puput, Vita Puji, Novdianti, Rosaria Dwi yang selalu memberikan semangat dan menerima keluh kesah penulis selama ini;
4. bapak/Ibu guru dan karyawan SMA Plus AL-Azhar Jember, terima kasih atas pengertian dan waktunya kepada penulis hingga terselesaikannya skripsi ini;
5. almamater Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember yang selalu kubanggakan.

MOTTO

Mengapa kadang Allah membiarkan kita terjatuh ? Agar kita bisa kembali bangun dan melompat lebih tinggi dan ketika hidupmu terlihat tiada jalan lagi, percayalah Allah telah membuat jalan yang nan indah untuk melewatinya.*)

atau

Dan sebaik-baik manusia adalah orang yang paling bermanfaat bagi sesama.**)

atau

Dan bersabarlah, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.
(terjemahan Surat Al-Anfal ayat 46)***)

*)Teguh, Mario. 2012.*Nasehat Super*. [serial online]. <http://twitter.com> [1 Agustus 2012]

**) <http://www.erasuslim.com/ustadz-menjawab/hadits-manusia-paling-bermanfaat.htm>

***) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewi Azzahra Puspita

NIM : 111810201046

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: *“Kajian Tekanan Parsial pada Ruang Terapi Oksigen Hiperbarik Instalasi Rumah Sakit Paru Jember”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, serta bekerja sama dengan Rumah Sakit Paru Jember dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2016

Yang menyatakan,

Dewi Azzahra Puspita
NIM 111810201046

SKRIPSI

**KAJIAN TEKANAN PARSIAL PADA RUANG TERAPI
OKSIGEN HIPERBARIK INSTALASI RUMAH SAKIT
PARU JEMBER**

Oleh

Dewi Azzahra Puspita

NIM 111810201046

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc, Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Yuariatun Nurhayati

Dosen Pembimbing Lapangan : dr. Dina Rusdiana, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Kajian Tekanan Parsial pada Ruang Terapi Oksigen Hiperbarik Instalasi Rumah Sakit Paru Jember ” telah diuji dan disahkan secara akademis pada :

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc, Ph.D
NIP 19620311 198702 1 001

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati
NIP 196109091986012001

Pembimbing Lapangan

dr. Dina Rusdiana, M.Si
NIP 19780216200801 2 012

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Endhah Purwandari, S. Si, M.Si
NIP 19811111 200501 2 001

Supriyadi, S.Si, M.Si
NIP 19820424 200604 1 003

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Sujito, Ph.D
NIP 19610204 198711 1 001

RINGKASAN

Kajian Tekanan Parsial pada Ruang Terapi Oksigen Hiperbarik Instalasi Rumah Sakit Paru Jember; Dewi Azzahra Puspita, 111810201046; 2016: 45 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Terapi oksigen hiperbarik adalah suatu cara terapi pemberian oksigen dengan tekanan lebih dari 1 ATA yang dilakukan dalam *chamber* atau ruang udara bertekanan tinggi (RUBT). Meskipun oksigen memiliki efek positif namun jika pemberiannya diberikan secara terus menerus tanpa interval akan menyebabkan terbentuknya senyawa radikal bebas yang akan merusak jaringan dan mengakibatkan terjadinya keracunan oksigen. Selain hal tersebut keracunan oksigen juga dapat terjadi tergantung pada besarnya tekanan parsial yang dialami oleh pasien dalam RUBT. Oleh karena itu, diperlukan kajian untuk mengetahui kesesuaian nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida berdasarkan jumlah pasien dan kedalaman yang berbeda-beda pada ruang terapi oksigen hiperbarik RS Paru Jember. Tujuan penelitian untuk mengetahui dan menjelaskan kesesuaian nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida yang dikategorikan berdasarkan jumlah pasien dan kedalaman dengan standaryang dimiliki oleh Lembaga Kesehatan Keangkatan Lautan (Lakesla) sehingga aman bagi pasien saat sedang terapi.

Penelitian dilaksanakan dengan cara mengkategorikan jumlah pasien, mencatat nilai tekanan udara serta nilai kadar oksigen dan karbondioksida. Data yang sudah didapat dianalisis kedalam persamaan untuk mencari nilai tekanan parsial. Kemudian nilai yang sudah didapat dibandingkan berdasarkan jumlah pasien dan kedalamannya. Hasil penelitian nilai tekanan parsial oksigen untuk jumlah pasien 2 orang saat keadaan *descent* berada pada rentang nilai (0,2090-0,4812) ATA dan untuk karbondioksida pada kisaran (0,0006-0,0022) ATA, saat keadaan *ascent* untuk tekanan parsial oksigen yaitu (0,5092-0,2224) ATA dan untuk karbondioksida berada pada rentang (0,0024-0,0010) ATA. Saat kedalaman 14 msw memiliki rata-rata nilai

tekanan parsial oksigen 0,5213 ATA dan untuk tekanan parsial karbondioksida 0,0024 ATA. Untuk jumlah pasien 4 orang saat keadaan *descent* berada pada rentang nilai (0,2090-0,4807) ATA dan untuk karbondioksida pada kisaran (0,0005-0,0028) ATA, saat keadaan *ascent* tekanan parsial oksigen yaitu (0,5121-0,2247) ATA dan untuk karbondioksida berada pada rentang (0,0022-0,0010) ATA. Saat kedalaman 14 msw memiliki rata-rata nilai tekanan parsial oksigen 0,5312 ATA dan untuk tekanan parsial karbondioksida 0,0025 ATA.

Untuk jumlah pasien 6 orang saat keadaan *descent* berada pada rentang nilai (0,2090-0,4815) ATA dan untuk karbondioksida pada kisaran (0,0008-0,0034) ATA, saat keadaan *ascent* untuk tekanan parsial oksigen yaitu (0,5129-0,2270) ATA dan untuk karbondioksida berada pada rentang (0,0022-0,0010) ATA. Saat kedalaman 14 msw memiliki rata-rata nilai tekanan parsial oksigen 0,5373 ATA dan untuk karbondioksida memiliki rata-rata nilai 0,0027 ATA. Untuk jumlah pasien 8 orang saat keadaan *descent* berada pada rentang nilai (0,2086-0,4802) ATA dan untuk karbondioksida pada kisaran (0,0007-0,0043) ATA, saat keadaan *ascent* untuk tekanan parsial oksigen yaitu (0,5313-0,2402) ATA dan untuk karbondioksida berada pada rentang (0,0023-0,0010) ATA. Saat kedalaman 14 msw memiliki rata-rata nilai tekanan parsial oksigen 0,5385 ATA dan untuk tekanan parsial karbondioksida memiliki rata-rata nilai 0,0033 ATA.

Dapat disimpulkan nilai tekanan parsial di ruang terapi oksigen hiperbarik di Instalasi RS Paru Jember pada masing-masing jumlah pasien yang berbeda memenuhi standar yang disarankan oleh Mahdi *et al.* (2009), yaitu berada pada rentang nilai (0,06 – 1,6) ATA untuk tekanan parsial oksigen. Sedangkan untuk mengontrol nilai tekanan parsial karbondioksida hanya dapat mengetahui dari nilai kadar karbondioksida yang dipertahankan pada 1%. Penggunaan terapi oksigen hiperbarik harus dilakukan dengan hati-hati, dengan menggunakan prosedur dan dosis yang tepat agar pasien berada pada tingkat yang aman saat sedang melaksanakan terapi.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Tekanan Parsial pada Ruang Terapi Oksigen Hiperbarik Instalasi Rumah Sakit Paru Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dra. Arry Yuariatun Nurhayati selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Endhah Purwandari, S.Si, M.Si selaku Dosen Penguji I dan Supriyadi, S.Si, M.Si selaku Dosen Penguji II dan Dosen Pembimbing Akademik yang memberikan masukan dalam skripsi ini dan membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
3. dr. Dina Rusdiana, M.Si selaku dosen pembimbing lapangan, Bapak Joko selaku teknisi dan para karyawan di ruang terapi oksigen hiperbarik Instalasi RS Paru Jember yang telah memberikan ilmu, kesempatan dan izin kepada penulis untuk dapat mengambil data demi terselesaikannya skripsi ini;
4. rekan-rekan Biofisika (Mbak Oni, Mbak Riva, Mbak Putri, Mbak Wiwis, Sri Gunartiningsih, Sholeh) dan teman-teman seperjuangan angkatan 2011 Jurusan Fisika FMIPA UNEJ, yang telah memberikan motivasi dan bantuannya;
5. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

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

Jember, Juni 2016

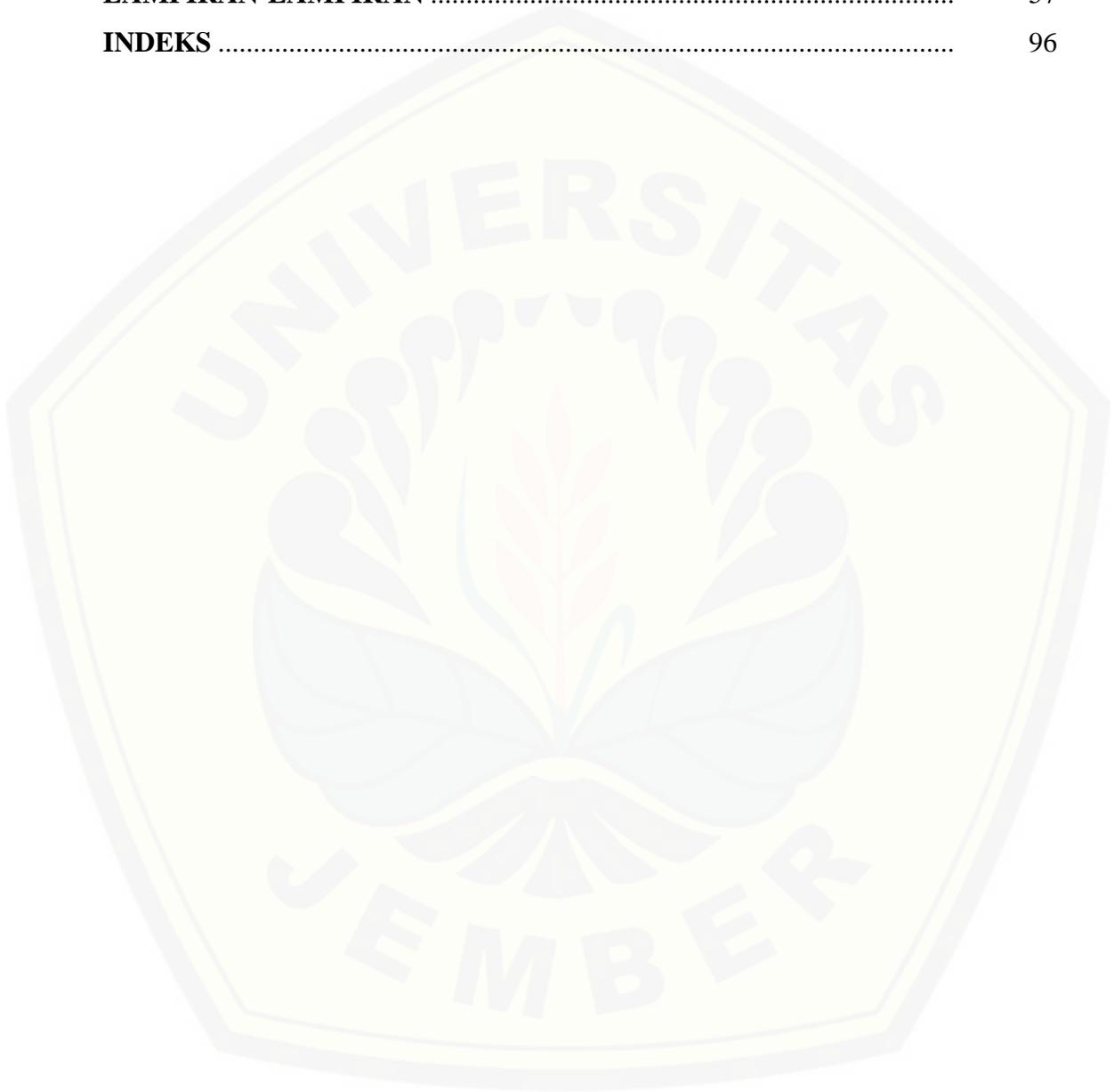
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi dan Sejarah Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB) ...	5
2.2 Pengenalan Ruang Udara Bertekanan Tinggi (RUBT)	6
2.2.1 Pemilihan tipe RUBT	7
2.2.2 Pengamanan RUBT	8
2.3 Aspek Fisika	9
2.3.1 Hukum Pascal.....	12

2.3.2 Hukum Boyle	13
2.3.3 Hukum Dalton	13
2.3.4 Hukum Henry	16
2.3.5 Hukum Graham	16
2.4 Aspek Fisiologi Oksigen Hiperbarik	17
2.5 Mekanisme TOHB.....	18
2.6 Prosedur Penatalaksanaan TOHB	18
2.7 Pengaruh TOHB.....	19
BAB 3. METODE PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Diagram Kerja Penelitian	24
3.3.1 Studi Literatur dan Survey Rumah Sakit.....	24
3.3.2 Pengambilan Data	25
3.3.3 Pengolahan Data, Analisa dan Interpretasi Data.....	26
3.3.4 Kesimpulan dan Saran.....	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil dan Analisis Data Penelitian.....	29
4.1.1 Hasil Pengukuran Tekanan Parsial pada Ruang Terapi Oksigen Hiperbarik untuk Jumlah Pasien 2 Orang	29
4.1.2 Hasil Pengukuran Tekanan Parsial pada Ruang Terapi Oksigen Hiperbarik untuk Jumlah Pasien 4 Orang	30
4.1.3 Hasil Pengukuran Tekanan Parsial pada Ruang Terapi Oksigen Hiperbarik untuk Jumlah Pasien 6 Orang	32
4.1.4 Hasil Pengukuran Tekanan Parsial pada Ruang Terapi Oksigen Hiperbarik untuk Jumlah Pasien 8 Orang	33
4.2 Pembahasan	38
BAB 5. PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45

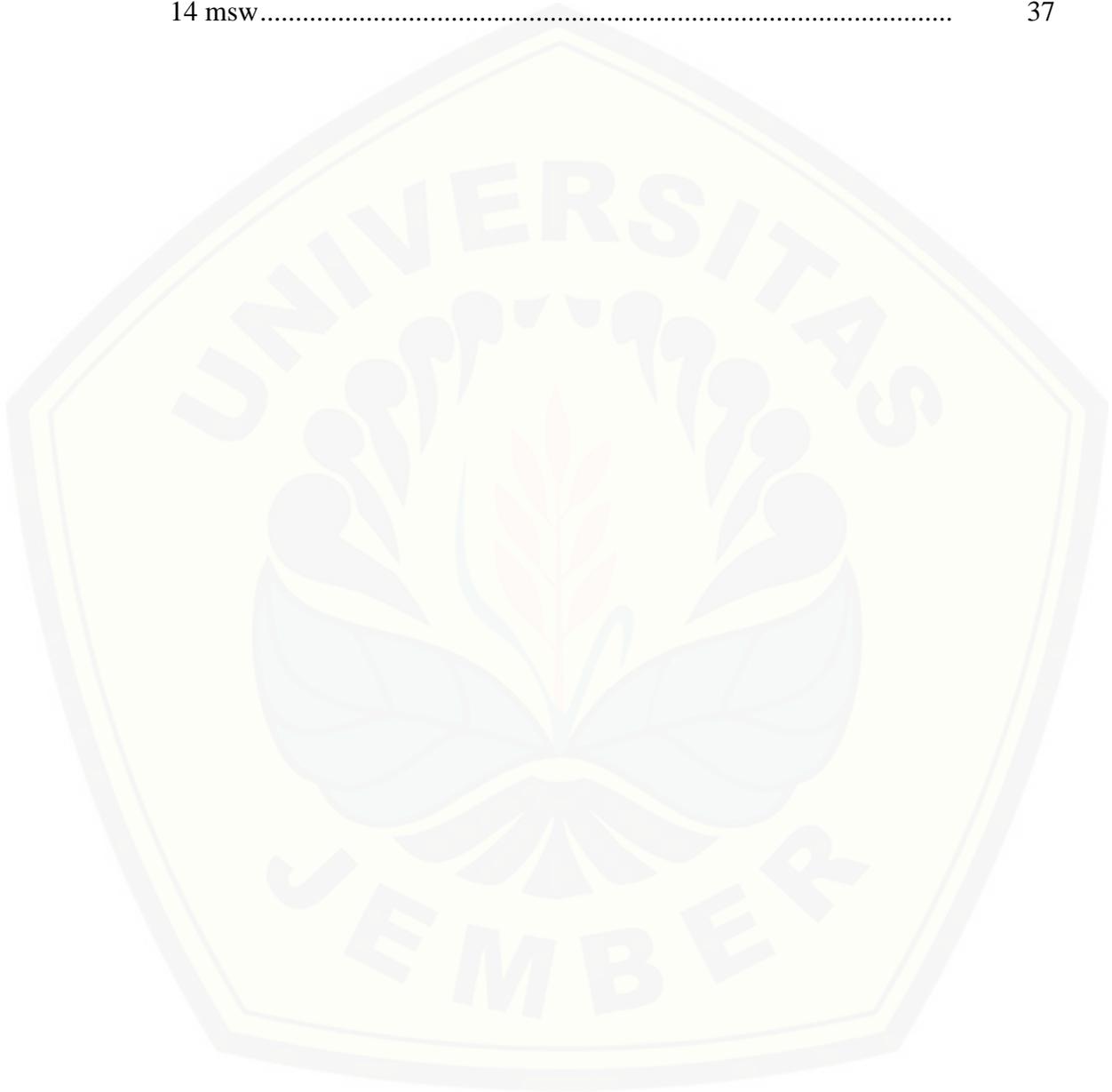
DAFTAR PUSTAKA	46
DAFTAR ISTILAH	50
LAMPIRAN-LAMPIRAN	57
INDEKS	96



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Pemilihan tipe RUBT	7
2.2 Konversi satuan tekanan	11
2.3 Komposisi udara bersih dan kering di permukaan bumi	11
2.4 Gejala-gejala tekanan parsial oksigen rendah	14
2.5 Tanda-tanda keracunan karbondioksida	15
4.1 Nilai rata-rata tekanan parsial O ₂ , CO ₂ dan standar <i>error</i> untuk jumlah pasien 2 orang saat turun dari permukaan (<i>descent</i>) pada kedalaman (0 – 13) msw	29
4.2 Nilai rata-rata tekanan parsial O ₂ , CO ₂ dan standar <i>error</i> untuk jumlah pasien 2 orang saat naik ke permukaan (<i>ascent</i>) pada kedalaman (13 – 0) msw	30
4.3 Nilai rata-rata tekanan parsial O ₂ , CO ₂ dan standar <i>error</i> untuk jumlah pasien 4 orang saat turun dari permukaan(<i>descent</i>) pada kedalaman (0 – 13) msw	31
4.4 Nilai rata-rata tekanan parsial O ₂ , CO ₂ dan standar <i>error</i> untuk jumlah pasien 4 orang saat naik ke permukaan (<i>ascent</i>) pada kedalaman (13 – 0) msw	31
4.5 Nilai rata-rata tekanan parsial O ₂ , CO ₂ dan standar <i>error</i> untuk jumlah pasien 6 orang saat turun dari permukaan (<i>descent</i>) pada kedalaman (0 – 13) msw	32
4.6 Nilai rata-rata tekanan parsial O ₂ , CO ₂ dan standar <i>error</i> untuk jumlah pasien 6 orang saat naik ke permukaan (<i>ascent</i>) pada kedalaman (13 – 0) msw	33
4.7 Nilai rata-rata tekanan parsial O ₂ , CO ₂ dan standar <i>error</i> untuk jumlah pasien 8 orang saat turun dari permukaan (<i>descent</i>) pada kedalaman (0 – 13) msw	34
4.8 Nilai rata-rata tekanan parsial O ₂ , CO ₂ dan standar <i>error</i> untuk jumlah pasien 8 orang saat naik ke permukaan (<i>ascent</i>) pada kedalaman (13 – 0) msw	34

4.9 Hasil uji statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk tekanan parsial saat <i>descent</i> dan <i>ascent</i>	35
4.10 Hasil uji statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk tekanan parsial saat 14 msw.....	37



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 <i>Chamber monoplace</i>	6
2.2 Manometer (a) tertutup dan (b) terbuka	8
2.3 Tekanan hidrostatik dalam fluida	9
2.4 Tekanan zat cair	10
2.5 Tekanan hidrostatik zat cair dalam bejana berhubungan pada kedalaman yang sama	10
2.6 Pengangkat hidrolik	12
2.7 Tekanan parsial oksigen dan karbondioksida dalam udara normal	15
3.1 <i>Multiplace chamber</i> (a) tampak luar dan (b) tampak dalam.....	22
3.2 <i>Automated control</i>	23
3.3 <i>Hyperbaric oxygen analyser</i>	23
3.4 Diagram kerja penelitian.....	24
3.5 Skema kerja tekanan parsial terapi oksigen hiperbarik pada pasien.....	25
4.1 Grafik nilai rata-rata tekanan parsial oksigen untuk jumlah pasien yang berbeda saat kedalaman 14 msw.....	36
4.2 Grafik nilai rata-rata tekanan parsial karbondioksida untuk jumlah pasien yang berbeda saat kedalaman 14 msw.....	37
F.1 Satu set alat pengontrol <i>chamber multiplace</i>	92
F.2 Satu set alat pengontrol <i>chamber multiplace</i> bagian A	92
F.3 Satu set alat pengontrol <i>chamber multiplace</i> bagian B	93
F.4 Satu set alat pengontrol <i>chamber multiplace</i> bagian C	93
F.5 Satu set alat pengontrol <i>chamber multiplace</i> bagian D	94
F.6 (a) Tabung udara, (b) tabung air, (c) mesin ECU model CG 020 tampak belakang dan (d) kompresor model ASK 35 T tampak belakang.....	94
F.7 Kompresor model ASK 35 T tampak depan.....	95
F.8 Mesin ECU model CG 020 tampak depan	95

F.9	Tabung berisi oksigen cair.....	95
F.10	Alat untuk mensterilkan masker	95



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. PERHITUNGAN TEKANAN PARSIAL OKSIGEN.....	57
A.1 Perhitungan Tekanan Parsial Oksigen Untuk 2 Orang	57
A.2 Perhitungan Tekanan Parsial Oksigen Untuk 4 Orang	59
A.3 Perhitungan Tekanan Parsial Oksigen Untuk 6 Orang	61
A.4 Perhitungan Tekanan Parsial Oksigen Untuk 8 Orang	63
B. PERHITUNGAN TEKANAN PARSIAL KARBONDIOKSIDA.....	65
B.1 Perhitungan Tekanan Parsial Karbondioksida Untuk 2 Orang.....	65
B.2 Perhitungan Tekanan Parsial Karbondioksida Untuk 4 Orang.....	67
B.3 Perhitungan Tekanan Parsial Karbondioksida Untuk 6 Orang.....	69
B.4 Perhitungan Tekanan Parsial Karbondioksida Untuk 8 Orang.....	71
C. HASIL UJI STATISTIK <i>oneway</i> ANOVA UNTUK TEKANAN PARSIAL OKSIGEN.....	73
C.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk Tekanan Parsial Oksigen pada Jumlah Pasien 2 Orang	73
C.1.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (0 – 13) msw	73
C.1.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (13 – 0) msw	74
C.1.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman 14 msw.....	75
C.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk Tekanan Parsial Oksigen pada Jumlah Pasien 4 Orang	76
C.2.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (0 – 13) msw	76
C.2.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (13 – 0) msw	76

C.2.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman 14 msw.....	77
C.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk Tekanan Parsial Oksigen pada Jumlah Pasien 6 Orang	78
C.3.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (0 – 13) msw	78
C.3.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (13 – 0) msw	78
C.3.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman 14 msw.....	79
C.4 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk Tekanan Parsial Oksigen pada Jumlah Pasien 8 Orang	80
C.4.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (0 – 13) msw	80
C.4.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (13 – 0) msw	80
C.4.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman 14 msw.....	81
D. HASIL UJI STATISTIK <i>oneway</i> ANOVA UNTUK TEKANAN PARSIAL KARBONDIOKSIDA.....	82
D.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk Tekanan Parsial Karbon-dioksida pada Jumlah Pasien 2 Orang.....	82
D.1.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (0 – 13) msw	82
D.1.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (13 – 0) msw.....	83
D.1.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman 14 msw.....	84
D.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk Tekanan Parsial Karbon-dioksida pada Jumlah Pasien 4 Orang.....	85
D.2.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (0 – 13) msw	85
D.2.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (13 – 0) msw	85

D.2.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman 14 msw	86
D.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk Tekanan Parsial Karbondioksida pada Jumlah Pasien 6 Orang.....	87
D.3.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (0 – 13)msw	87
D.3.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (13 – 0)msw	87
D.3.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman 14 msw	88
D.4 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk Tekanan Parsial Karbondioksida pada Jumlah Pasien 8 Orang.....	89
D.4.1 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (0 – 13)msw	89
D.4.2 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman (13 – 0)msw	89
D.4.3 Hasil Uji Statistik <i>oneway</i> ANOVA pada kedalaman 14 msw	90
E. PERHITUNGAN KONVERSI TEKANAN.....	91
F. FOTO KEGIATAN PENELITIAN	92

DAFTAR SINGKATAN

UHMS	= <i>undersea and hyperbaric medical society</i>
ATA	= <i>atmosfer absolute</i>
Lakesla	= lembaga kesehatan keangkatan lautan
RS	= rumah sakit
RUBT	= ruang udara bertekanan tinggi
TOHB	= terapi oksigen hiperbarik
CO ₂	= karbondioksida
O ₂	= oksigen
psia	= <i>pounds per square inch absolut</i>
mmHg	= <i>milimeterhydrargyrum</i> (millimeter air raksa)
fsw	= <i>foot sea water</i>
ffw	= <i>feet fresh water</i>
msw	= <i>meter sea water</i>
atm	= atmosfer
Hb	= hemoglobin
NO	= nitrit okside
VEGF	= <i>vascular endotel growth factor</i>
NADH	= <i>nucleotide acid dihidroxi</i>
ROS	= <i>reactive oxygen spesies</i>

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit adalah institusi yang memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat dengan berbagai unsur pelayanan medis yang ditawarkan (Sari, 2012), salah satu diantaranya adalah terapi hiperbarik. Sejak penemuan hiperbarik pada abad ke 16, bidang pengobatan oksigenasi hiperbarik telah berkembang dengan cepat. Penggunaan hiperbarik dapat membantu menyembuhkan penyakit dan pengobatan (Menkes, 2008). Menurut *The Committee on Hyperbaric Oxygenation of the Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS)* penyakit yang dapat disembuhkan antara lain penyakit emboli gas, keracunan karbon monoksida, keracunan sianida, gas gangren, infeksi jaringan lunak, ulkus diabetik, ujung amputasi yang tidak sembuh, tuli mendadak, autisme, luka bakar dan penyakit dekompresi (Gill dan Bell, 2004). Penggunaan terapi yang meluas pemakaiannya dapat digunakan juga sebagai terapi kebugaran tubuh dan untuk kecantikan (RS Paru Jember, 2015).

Terapi oksigen hiperbarik adalah suatu bentuk terapi dimana keadaan pasien harus berada dalam suatu ruangan bertekanan tinggi dan bernafas dengan oksigen murni 100% pada suasana tekanan ruangan yang lebih besar dari tekanan atmosfer normal (Baromedical, 2016). Pada saat terapi berlangsung lingkungan hiperbarik diperoleh bila menyelam (lingkungan bertekanan tinggi pada keadaan yang basah) atau berada di dalam ruang bertekanan tinggi (lingkungan bertekanan tinggi pada keadaan yang kering). Pada penelitian ini yang dimaksud lingkungan hiperbarik adalah lingkungan dalam ruang udara bertekanan tinggi pada keadaan ruang yang kering (Samsudin, 2003).

Pada umumnya manusia bernafas dengan komposisi unsur udara yang mengandung 78% nitrogen, 20% oksigen, 0,93% argon, 0,03% karbondioksida dan sisanya terdiri dari neon, helium, metan dan hidrogen (Iskandar, 2010). Apabila komposisi unsur udara dalam tubuh manusia tidak seimbang dan sesuai standar, maka akan mengakibatkan keracunan oksigen. Selain alasan tersebut keracunan oksigen dapat juga terjadi tergantung pada besarnya tekanan parsial dan lamanya waktu terapi. Oleh karena itu, diperlukan pengkajian untuk mengetahui kesesuaian nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida berdasarkan jumlah pasien dan kedalaman yang berbeda pada ruang terapi oksigen hiperbarik RS Paru Jember agar keracunan oksigen tidak terjadi.

Berdasarkan uraian di atas, banyak keunggulan dari terapi oksigen hiperbarik. Namun apabila tubuh kelebihan menerima pemberian oksigen secara terus menerus tanpa interval atau batas waktu tertentu akan menyebabkan terbentuknya senyawa radikal bebas yang akan merusak jaringan dan akan mengakibatkan nekrosis pada jaringan (Dwipayana dan Prijambodo, 2010). Oleh sebab itu kajian tekanan parsial berdasarkan kadar oksigen dan karbondioksida dijadikan sebagai salah satu cara untuk mengetahui standar nilai dari tekanan parsial gas Instalasi hiperbarik yang disarankan pada pasien agar tubuh tidak mengalami kelebihan ataupun kekurangan oksigen.

Pada penelitian ini, peneliti berkeinginan untuk mengkaji nilai tekanan parsial yang dihasilkan pada saat terapi oksigen hiperbarik. Nilai tekanan parsial dapat diketahui dari peralatan yang ada di ruang terapi. Beberapa faktor yang menentukan nilai tekanan parsial, yaitu faktor peralatan dan faktor teknik (sumber daya manusia dan pasien). Melalui penelitian ini diharapkan adanya suatu informasi data selama terapi berlangsung, serta kesesuaian standar kadar oksigen dan karbondioksida selama terapi berlangsung. Pada penelitian ini kajian tekanan parsial akan dilakukan berdasarkan pada beberapa prinsip atau hukum fisika yang dapat diterapkan seperti hukum Boyle, hukum Pascal, hukum Dalton, hukum Henry dan hukum Graham (Anonim, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan fakta akan besarnya manfaat penggunaan terapi hiperbarik dalam bidang kesehatan, maka pada penelitian ini peneliti mengangkat permasalahan yaitu berapa kesesuaian nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida dibandingkan dengan nilai yang dimiliki oleh lembaga kesehatan keangkatan lautan (Lakesla) berdasarkan jumlah pasien dan kedalaman yang ada di ruang terapi oksigen hiperbarik Instalasi Rumah Sakit (RS) Paru Jember.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan-batasan masalah studi analisa di Instalasi Hiperbarik RS Paru Jember yang perlu diketahui, diantaranya :

1. Pemeriksaan hanya dilakukan pada pasien dewasa untuk jenis terapi penyakit dan kebugaran dengan menggunakan tabel terapi Kindwall,
2. Jenis gas yang dikonversi menjadi tekanan parsial hanya kadar oksigen (%) dan karbondioksida (%). Kadar argon, helium, neon dan natrium diabaikan karena keterbatasan alat yang ada diruang terapi oksigen hiperbarik Instalasi RS Paru Jember,
3. Frekuensi banyaknya terapi untuk setiap pasien tidak berpengaruh terhadap nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida,
4. Data kadar oksigen (%) dan karbondioksida (%) yang diambil hanya pada jenis ruang udara bertekanan tinggi (RUBT) ruang ganda (*multiplace chamber*) bisa pada pasien berbeda atau pada pasien yang sama karena tidak berpengaruh terhadap nilai tekanan parsialnya.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida yang dikategorikan berdasarkan jumlah pasien dan kedalaman di ruang terapi oksigen Instalasi Hiperbarik RS Paru Jember,

2. Menjelaskan kesesuaian nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida yang dihasilkan dengan standar nilai yang dimiliki oleh Lembaga Kesehatan Keangkatan Lautan (Lakesla) sehingga aman bagi pasien saat sedang terapi di Instalasi Hiperbarik RS Paru Jember.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan kepada Instalasi Hiperbarik RS Paru Jember untuk meningkatkan sarana dan prasarana instalasi. Selain itu untuk menambah wawasan kepada seluruh masyarakat bagaimana pentingnya mengetahui standar tekanan parsial di ruang terapi oksigen hiperbarik, meningkatkan perlindungan pada kadar oksigen dan karbondioksida yang diterima pasien agar berada pada tingkat yang aman.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Sejarah Terapi Oksigen Hiperbarik

Terapi oksigen hiperbarik mempunyai pengertian yang hampir serupa dalam *treatment* atau terapi yang dilakukan di beberapa pusat kesehatan, menyangkut pernafasan dengan oksigen murni seperti pada Baromedical (2016) atau Rumah Sakit Paru Jember (2015). Mengacu pada *hyperbaric medicine* unit Royal Adelaide Hospital (2015), *hyperbaric oxygen therapy* (HBO) atau terapi oksigen hiperbarik (TOHB) adalah terapi dengan pernafasan 100% oksigen murni dalam *treatment chamber*, pada tekanan lebih tinggi dari tekanan permukaan laut (*sea-level pressure*), yaitu lebih besar dari 1 atmosphere absolut: ATA. Keadaan tersebut juga dapat dialami pada saat seseorang menyelam (Hermanto dan Taufiqurrahman, 2015).

Sejak tahun 1662 dokter Henshaw (Inggris) memulai membangun RUBT untuk mengobati beberapa jenis penyakit. Penggunaan udara bertekanan tinggi dan TOHB dalam klinis terus berkembang, meskipun mengalami pasang surut. Sampai pada tahun 1921 dr. J. Cunningham mulai mengemukakan teori dasar tentang penggunaan TOHB untuk mengobati keadaan hipoksia. Namun usahanya mengalami kegagalan karena dasar untuk TOHB selama kurang lebih 270 tahun mengalami pasang surut yang disebabkan belum ada teori fisiologi yang tepat untuk penggunaannya dalam terapi, termasuk penelitian pada binatang percobaan dan penelitian klinis (Jain, 1999).

Tahun 1930 penelitian-penelitian tentang penggunaan TOHB mulai dilaksanakan dengan lebih terarah dan mendalam. Sampai kemudian sekitar tahun 1960 dr. Borrema memaparkan hasil penelitiannya tentang penggunaan TOHB yang larut secara fisik di dalam cairan darah. Hasil penelitiannya tentang pengobatan gas gangren dengan TOHB membuat ia dikenal sebagai Bapak RUBT. Sejak saat itu TOHB berkembang pesat dan terus berlanjut sampai saat ini. Sedangkan perkembangan hiperbarik di Indonesia dikembangkan oleh TNI AL (Menkes, 2008).

2.2 Pengenalan Ruang Udara Bertekanan Tinggi (RUBT)

Ruang udara bertekanan tinggi atau disingkat dengan RUBT merupakan suatu tabung yang terbuat dari plat baja atau aluminium alloy dan dibuat sedemikian rupa sehingga mampu diisi udara mulai dari tekanan 1 ATA sampai beberapa ATA, tergantung dari jenis dan penggunaannya. Saat ini RUBT merupakan alat pendukung untuk kegiatan yang berhubungan dengan tekanan lebih dari 1 ATA (Mahdi *et al.*, 2009).

Ukuran, bentuk dan kapasitas tekanan RUBT sangat bervariasi tergantung dari jenis penyakitnya, berikut jenis-jenis RUBT:

a) RUBT Ruang Ganda (*multiplace chamber*).

RUBT ini dapat digunakan untuk pengobatan bersama beberapa pasien, dimana pasien bernafas melalui masker yang menutup mulut dan hidung. Tekanan yang digunakan mencapai 6 ATA (Perry Baromedical, 2015b).

b) RUBT Ruang Tunggal (*monoplace chamber*)

Pada tipe RUBT ruang tunggal pasien dapat dipindahkan ke dalam RUBT dengan oksigen yang diisi sesuai tekanan, yaitu tidak lebih dari 3 ATA yang digunakan untuk penanganan pasien individu, kasus infeksi, dan perawatan intensif.



Gambar 2.1 *Chamber monoplace* (Sumber : Perry Baromedical, 2015a).

c) RUBT Pengangkut (*mobile / portable*)

RUBT yang dapat dipindahkan dan bergerak langsung berfungsi di lokasi, bahkan di tempat parkir RS. Tipe ini sangat ideal untuk mendukung operasi militer yang difungsikan sebagai rumah sakit di medan tempur.

d) RUBT untuk testing dan latihan penyelam

RUBT jenis ini digunakan untuk proses simulasi sesuai dengan kedalaman penyelaman saat akan dilakukan latihan penyelaman militer.

e) *Smaal hyperbaric chamber*

RUBT ini digunakan untuk neonatus dan hewan percobaan (Nining, 2009).

2.2.1 Pemilihan Tipe RUBT

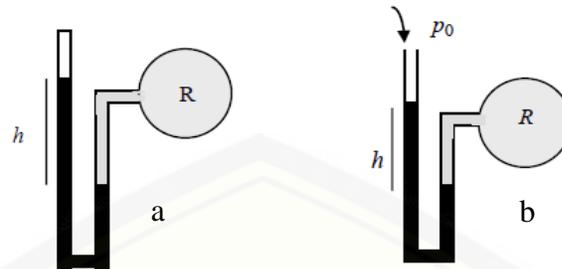
Setiap jenis tipe ruang udara bertekanan tinggi memiliki klasifikasinya masing-masing agar dapat digunakan untuk indikasi penyakit tertentu. Berikut jenis tipe RUBT beserta tipe tekanan dan indikasi penyakitnya :

Tabel 2.1 Pemilihan tipe RUBT

Tipe Tekanan	Tipe	Indikasi
Sampai 1,5 ATA	RUBT Ruang Tunggal dan RUBT Ruang Ganda	Iskemi serebral, iskemi kardiak, iskemi peripheral vaskuler dan pengobatan tambahan untuk kebugaran, kedokteran, olahraga, <i>skin flaps</i> dan trauma akustik
Sampai 2,5 ATA	<i>Non portable</i> dan <i>portable</i>	Gas gangren, luka bakar dan <i>crush injury</i> pada ujung lengan / kaki
Sampai 3 ATA	<i>Non portable</i> dan <i>portable</i>	Penanganan darurat pada penyakit dekompresi
Sampai 6 ATA	RUBT Ruang Ganda	Emboli udara dan dekompresi

Sumber : Menkes (2008).

Untuk mengetahui besarnya tekanan dalam RUBT dipergunakan barometer yang berfungsi mengukur tekanan udara luar. Sedangkan alat yang dipergunakan mengukur tekanan gas dalam suatu ruangan dinamakan manometer. Manometer ada dua, yaitu manometer tertutup dan manometer terbuka (Chang, 2004).



Gambar 2.2 Manometer (a) tertutup dan (b) terbuka (Sumber:Maryanto, 2013).

Tekanan ruangan R pada manometer tertutup adalah

$$p = h(\text{cm Hg}) \quad 2.1$$

Sedangkan tekanan ruangan R pada manometer terbuka :

$$p = p_0 + h \quad 2.2$$

(Maryanto, 2013).

2.2.2 Pengamanan RUBT

RUBT harus digunakan secara hati-hati karena menggunakan bahan utama berupa oksigen yang mudah terbakar, sehingga perlu ada pengamanan yang dilakukan sebelum dioperasikan. Langkah-langkah pengamanan sebagai berikut:

- a) *Valve-valve* dalam keadaan tertutup
- b) Manometer dalam kondisi baik
- c) Inhalator sumber oksigen dalam kondisi baik
- d) Tidak ada unsur udara yang merugikan kesehatan
- e) Alat komunikasi berfungsi baik
- f) Aliran listrik baik, tidak ada kerusakan kabel-kabelnya
- g) Jendela RUBT dalam kondisi baik
- h) Tidak ada bahan-bahan yang mudah terbakar
- i) Sistem pemadam kebakaran bekerja dengan baik (Mahdi *et al.*, 2009).

2.3 Aspek Fisika

Terdapat beberapa aspek fisika yang mendasari adanya terapi oksigen hiperbarik, yaitu:

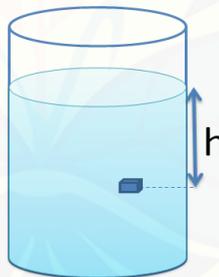
a. Tekanan dan tekanan hidrostatik

Pada tinjauan zat padat, tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu permukaan tiap satuan luas permukaan.

$$p = \frac{F}{A} \quad 2.3$$

dimana p , tekanan pada suatu permukaan, F gaya tekan dan A luas bidang tekan. Berdasarkan persamaan tersebut, semakin besar gaya tekannya maka semakin besar pula tekanan yang ditimbulkan dan luas permukaan yang lebih kecil akan menimbulkan tekanan yang lebih besar (Serway dan Jewett, 2008).

Tekanan pada fluida dinamakan tekanan hidrostatik. Tekanan pada fluida bergantung pada kerapatan fluida, sehingga saat menyelam pada zat cair yang kerapatannya lebih besar maka akan semakin besar tekanan hidrostatiknya.



Gambar 2.3 Tekanan hidrostatik dalam fluida (Sumber: Gurukita, 2016).

Pada gambar menunjukkan sebuah bejana yang berisi zat cair. Tekanan hidrostatik di sebuah titik pada kedalaman h dinyatakan secara matematis dengan persamaan,

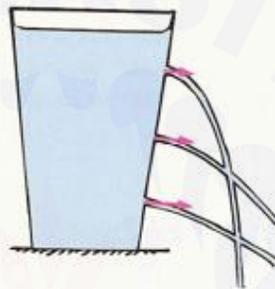
$$p = \rho gh \quad (2.4)$$

dimana ρ , massa jenis zat cair dan h , kedalaman zat cair dari permukaan zat cair. Persamaan berlaku bila tidak memperhitungkan adanya tekanan udara luar yang pada keadaan tertentu dapat diabaikan. Namun, tekanan atmosfer juga mempengaruhi tekanan hidrostatik (Bueche, 1989).

Tekanan hidrostatis pada suatu titik dipengaruhi oleh tekanan atmosfer. Pada permukaan air laut, tekanan atmosfer normal sebesar $1,01 \times 10^5$ Pa. Besar tekanan hidrostatis dengan memperhitungkan adanya tekanan atmosfer dituliskan:

$$p = p_0 + \rho gh \quad (2.5)$$

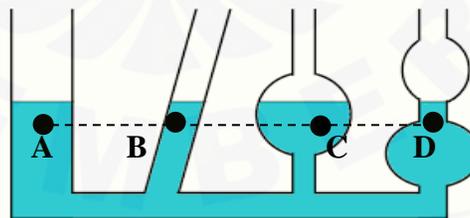
dimana p_0 , tekanan atmosfer atau tekanan udara luar (Kanginan, 2007). Pada zat cair tertentu untuk menunjukkan keadaan tekanan hidrostatisnya dapat digunakan gelas plastik seperti gambar berikut:



Gambar 2.4 Tekanan zat cair (Sumber: Gurukita, 2016).

Berdasarkan gambar terlihat jika semakin ke dasar posisi zat cair, maka semakin besar tekanan hidrostatis pada posisi tersebut (Halliday dan Resnick, 1991).

Pada tinjauan mengenai gas (udara), hampir sama dengan zat cair. Tekanan permukaan zat cair pada setiap kolom bejana berhubungan merupakan tekanan atmosfer sehingga nilainya selalu sama.



Gambar 2.5 Tekanan hidrostatis zat cair dalam bejana berhubungan pada kedalaman yang sama (Sumber: Paramitadewi, 2016).

Tekanan hidrostatis di titik-titik A, B, C, dan D pada kedalaman yang sama nilainya selalu sama, bagaimanapun bentuk wadahnya, artinya tekanan hidrostatis dipengaruhi oleh kedalaman saja, tidak pada bentuk wadahnya (Giancoli, 1998).

Persamaan untuk menghitung PB dalam ATA untuk kedalaman D feet :

$$PB = \frac{D}{33,07} + 1 = \frac{D + 33,07}{33,07} \quad 2.10$$

dimana *PB* adalah tekanan absolut dalam ATA (Mahdi *et al.*, 2009). Ada beberapa satuan tekanan lain yang kadang-kadang juga dipakai, seperti berikut:

Tabel 2.2 Konversi satuan tekanan

1 atm	14,692 psi
	1,0332 kg/cm ²
	760 mmHg
	760 Torr
	1033 cmH ₂ O
	33,07 fsw
	33,93 ffw
	10,08 msw
	1,013 Bars
	101,33 Kilo Pascals (KPa)

Sumber : Coremap (2015b).

Selama manusia hidup membutuhkan udara untuk bernafas. Berikut ini komposisi udara yang dihirup:

Tabel 2.3 Komposisi udara bersih dan kering di permukaan bumi

Macam gas	Volume (%)
- Nitrogen (N ₂)	78,0
- Oksigen (O ₂)	20,8
- Argon (Ar)	0,90
- Karbon dioksida (CO ₂)	0,03
- Helium (He)	
- Neon (Ne)	
- Xenon (Xe)	0,27
- Krypton (Kr)	
- Metana,	
- Hidrogen	

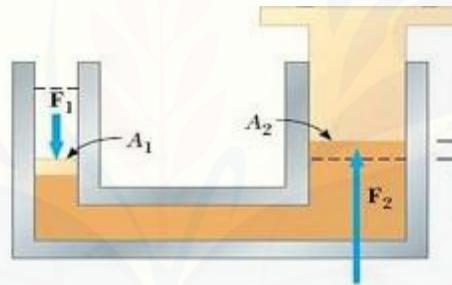
Sumber : Samadi (2006).

Sebuah tinjauan dari hukum fisika terkait gas yang mempengaruhi atau menjelaskan dasar teori untuk pengembangan konsentrasi oksigen dalam darah selama terapi oksigen hiperbarik adalah :

2.3.1 Hukum Pascal

Apabila pada permukaan zat cair diberikan tekanan, maka tekanan akan diteruskan ke setiap titik dalam zat cair tersebut. Hal ini diungkapkan oleh seorang ilmuwan Perancis, Blaise Pascal dan dinamakan hukum Pascal, yang berbunyi “tekanan yang diberikan pada fluida dalam suatu ruang tertutup akan diteruskan oleh fluida tersebut ke segala arah dan sama besar” (Kanginan, 2007).

Peralatan yang memanfaatkan hukum Pascal yaitu pengangkat hidrolik, bertujuan untuk memperoleh gaya yang besar dengan memberikan sedikit gaya untuk mengangkat benda-benda berat. Berikut gambar prinsip kerja pengangkat hidrolik:



Gambar 2.6 Pengangkat hidrolik (Sumber: Serway dan Jewett, 2008).

Jika pada penampang 1 diberikan gaya F_1 , maka tekanan dari gaya ini akan diteruskan oleh zat cair dalam tabung pengangkat hidrolik ke penghisap 2 yang memiliki luas permukaan A_2 sehingga mengalami gaya F_2 (Giancoli, 1998).

Menurut hukum Pascal, tekanan yang diberikan pada penampang A_1 akan sama besarnya dengan tekanan yang dialami oleh penampang A_2 . Secara matematis:

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad 2.11$$

Gaya F_1 yang relatif kecil akan menghasilkan gaya F_2 yang besar sehingga mampu mengangkat beban yang berat (Halliday dan Resnick, 1991).

2.3.2 Hukum Boyle

Menurut Tipler (1998), suatu gas pada volume, tekanan dan suhu tertentu dapat mengalami tiga proses, yaitu proses isothermis, isokhorik, dan isobarik. Suatu gas pada volume tertentu, jika ditekan pada suhu tetap maka volume akan berkurang dan tekanan gas akan bertambah, sehingga berlaku hukum Boyle :

$$pV = C$$

$$p_1V_1 = p_2V_2 \quad 2.12$$

Jika temperatur gas dijaga tetap (tidak bertambah panas) maka pengecilan volume menjadi setengah kali akan menaikkan tekanan menjadi 2 kali lipat. Jadi secara umum dapat dikatakan “jika gas dikompresikan (atau diekspansikan) pada temperatur tetap, maka tekanannya akan berbanding terbalik dengan volumenya” :

$$V \sim \frac{1}{p} \quad 2.13$$

Hukum ini dapat digunakan untuk menjelaskan penyelaman (Coremap, 2015b).

2.3.3 Hukum Dalton

Hukum ini menyatakan bahwa jumlah tekanan dari suatu campuran gas-gas merupakan jumlah tekanan parsial dari tiap gas yang membentuk campuran tersebut. Selama tekanan menyeluruh meningkat, tekanan parsial dari tiap gas akan meningkat (Coremap, 2015a). Tekanan parsial adalah tekanan yang diberikan oleh komponen-komponen gas dalam campuran gas yang diperoleh dengan mengalikan prosentase gas dengan tekanan total pada kedalaman. Rumus tekanan parsial:

$$p_{gas} = F_{gas} \times PB \quad 2.14$$

$$p_{gas} = F_{gas} \times PB \left(\frac{D + 33}{33} \right) \quad 2.15$$

dimana p_{gas} , tekanan parsial gas (ATA) dan F_{gas} , konsentrasi dari suatu gas (%). Tekanan parsial gas bertambah dengan bertambahnya kedalaman (Coremap, 2015a).

John Dalton mengemukakan bahwa tekanan total dua gas atau lebih yang berada dalam suatu ruang, sama dengan jumlah tekanan parsial masing-masing yang

ada dalam ruang tersebut. Misalkan campuran gas terdiri dari gas A, B, C maka :

$$\begin{aligned}
 p_{total} &= \left(\sum n_i \right) \frac{RT}{V} \\
 p_{total} &= (n_A + n_B + n_C) \frac{RT}{V} \\
 p_{total} &= n_A \frac{RT}{V} + n_B \frac{RT}{V} + n_C \frac{RT}{V} \\
 p_{total} &= p_A + p_B + p_C
 \end{aligned}
 \tag{2.16}$$

Hukum ini bertujuan menghitung tekanan parsial gas seperti O_2 dalam suatu campuran udara pernapasan untuk menjelaskan hipoksia (Chang, 2004).

Hipoksia adalah kekurangan oksigen pada tingkat jaringan. Hipoksia dibagi menjadi 4 jenis :

- 1) Hipoksia hipoksik, tekanan parsial O_2 darah arteri menurun.
- 2) Hipoksia anemik, PO_2 arterial normal tetapi jumlah hemoglobin berkurang.
- 3) Hipoksia iskemik atau stagnan, aliran darah ke jaringan rendah sehingga O_2 yang dibawa tidak mencukupi meskipun PO_2 dan konsentrasi Hb normal.
- 4) Hipoksia histotoksik, jumlah O_2 yang dibawa ke jaringan cukup tetapi akibat bahan toksik, sel-sel tidak dapat menggunakan O_2 yang diberikan.

Gejala awal hipoksia biasanya batuk dan akan menimbulkan tanda berupa warna kebiru-biruan pada bibir, kuku dan kulit (Winata, 2014).

Tekanan parsial oksigen pada pernafasan harus tetap diatas 0,16 ATA untuk mencegah hipoksia dan keracunan oksigen. Kemungkinan yang timbul akibat tekanan parsial O_2 rendah:

Tabel 2.4 Gejala-gejala tekanan parsial oksigen rendah

Tekanan parsial O_2	Gejala-gejala
0,14 ATA	Mengantuk, tidak dapat berpikir jernih, kurang dapat mengendalikan otot-otot yang halus
0,12 ATA	Rasa tidak enak, pernafasan cepat
0,10 ATA	Beberapa orang kehilangan kesadaran
0,06 ATA	Semua orang akan tidak sadar
< 0,06 ATA	Kematian terjadi dengan cepat

Sumber: Mahdi *et al.* (2009).

Karbondioksida normal dalam udara atmosfer berada pada konsentrasi (0,03-0,04)% volume dari udara kering, sehingga tekanan parsialnya (0,23-0,30) mmHg. Dengan berkurangnya tekanan parsial O_2 , maka tekanan parsial CO_2 naik. Tanda-tanda keracunan CO_2 pada berbagai konsentrasi :

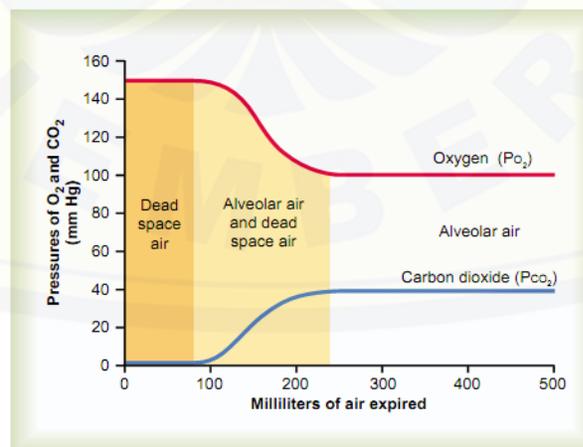
Tabel 2.5 Tanda-tanda keracunan karbondioksida

Konsentrasi CO_2	Gejala- gejala
2-3 %	Adaptasi masih baik, tidak ada perubahan fungsi fisiologis.
4 %	Hiperventilasi, nyeri kepala dan arthralgia.
4,5 %	Sudah melewati nilai ambang toleransi, ada gangguan biologis, terutama stimulasi poros hipofise-suprarenalis.
6 %	Respiratory distress
10 %	Pingsan atau hilang kesadaran
12 %	Kematian

Sumber : Mahdi *et al.* (2009).

Keracunan karbondioksida mengakibatkan sakit kepala yang terjadi bersamaan dengan peningkatan ataupun penurunan tekanan parsial gas secara mendadak.

Pada komposisi udara normal untuk bernafas mengandung tekanan parsial yang ada didalamnya. Udara ekskresi merupakan kombinasi udara dari alveoli. Gambar 2.7 menunjukkan perubahan progresif dalam tekanan parsial oksigen dan karbon dioksida di udara ekskresi selama udara tidak digunakan lagi oleh tubuh.



Gambar 2.7 Tekanan parsial oksigen dan karbondioksida dalam udara normal (Sumber: Guyton dan Hall, 1996).

2.3.4 Hukum Henry

Hukum ini mengatakan bahwa jumlah gas yang larut dalam suatu cairan tertentu berbanding lurus dengan tekanan parsial gas pada permukaan cair untuk temperatur tetap, tersebut :

$$A_1 \times p_1 = A_2 \times p_2 \quad 2.18$$

dimana A adalah jumlah gas yang larut dan p adalah tekanan parsial gas pada permukaan cairan (Hernawati, 2008).

Pengaruh fisiologi dari hukum Henry yaitu gelembung gas yang keluar dari larutan juga bisa berasal bila tekanan yang terdapat dalam larutan terlalu cepat berkurang. Pelepasan gelembung dapat menyumbat pembuluh darah atau merusak jaringan tubuh dan menyebabkan penyakit penguapan gas terlarut seperti dekompresi (Coremap, 2015a).

2.3.5 Hukum Graham

Difusi berlangsung dari daerah dengan konsentrasi lebih tinggi ke daerah dengan konsentrasi yang lebih rendah. Meskipun kecepatan molekul sangat besar, proses difusi memerlukan waktu relatif lama yang selalu terjadi secara berangsur-angsur dan tidak seketika. Sehingga gas yang lebih ringan akan berdifusi lebih cepat daripada gas yang lebih berat melalui ruang tertentu (Lajeng *et al.*, 2014).

Suatu gas dengan rapatan tinggi akan berdifusi lebih lambat daripada gas rapatan rendah. Menurut Thomas Graham, hukum Graham adalah hukum yang mempelajari laju efusi beberapa gas dengan hubungan pada suhu dan tekanan yang sama. Laju efusi gas berbanding terbalik dengan akar kerapatannya, seperti berikut:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{\rho_2}}{\sqrt{\rho_1}} \quad 2.19$$

Dengan r_1 dan r_2 adalah laju dua gas, ρ_2 dan ρ_1 adalah rapatan masing-masing gas (Kusumaningrum, 2014). Hukum ini mengatakan bahwa gas akan berdifusi dari tempat yang bertekanan parsialnya tinggi ke tempat yang parsialnya rendah (Hernawati, 2008).

Menurut hukum Avogadro, rapatan gas berbanding lurus dengan massa molekul relatif sehingga rumus hukum difusi Graham :

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{Mr_2}}{\sqrt{Mr_1}} \quad 2.20$$

dimana Mr suatu gas dapat ditentukan dengan mengukur laju difusi yang merupakan perbandingan antara jarak dengan waktu (Syukri, 1999). Untuk waktu difusi yang sama, maka perbandingan laju difusi sebanding dengan jarak yang ditempuh oleh gas.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{\sqrt{Mr_2}}{\sqrt{Mr_1}} \quad 2.21$$

Dengan L_1 dan L_2 adalah jarak yang ditempuh gas 1 dan gas 2, Mr_1 dan Mr_2 adalah massa molekul relatif dari gas 1 dan gas 2 (Lajeng *et al.*, 2014).

Selain hukum fisika mengenai tekanan gas diatas, beberapa hukum gas lainnya seperti hukum Gay Lussac, hukum Charles dan hukum Gas Ideal, juga mendasari TOHB untuk menjelaskan fenomena yang terjadi dengan meningkatkan atau menurunkan tekanan di sekitar makhluk hidup dan tidak hidup (Anonim, 2015).

2.4 Aspek Fisiologi Oksigen Hiperbarik

Prinsip secara fisiologis pada TOHB bahwa tidak adanya oksigen pada tingkat seluler akan menyebabkan gangguan kehidupan pada semua organisme. O_2 yang berada di sekeliling tubuh manusia masuk ke dalam tubuh melalui cara pertukaran gas. Fase-fase respirasi dari pertukaran gas terdiri dari fase ventilasi, transportasi, utilisasi dan difusi. Dengan kondisi TOHB, diharapkan matriks seluler menopang kehidupan suatu organisme mendapatkan kondisi yang optimal (Kompas TV, 2013).

Rongga-rongga udara fisiologis dalam tubuh memiliki saluran penghubung yang memungkinkan penyamaan tekanan (*equalisasi*) antara udara dalam rongga dengan tekanan sekeliling. Apabila hal tersebut gagal akan terjadi barotaruma. Barotrauma adalah kerusakan jaringan akibat perbedaan tekanan udara. Berdasarkan patogenesisnya dibedakan menjadi barotrauma waktu turun (*descent* barotrauma) dan barotrauma waktu naik (*ascent* barotrauma) (Prasetyoet *al.*, 2012).

2.5 Mekanisme TOHB

Pada terapi oksigen hiperbarik terdapat mekanisme dengan memodulasi nitrit oksida (NO) pada sel endotel yang juga dapat meningkatkan *vascular endotel growth factor* (VEGF). Melalui siklus Krebs terjadi peningkatan *nucleotide acid dihidroxi* (NADH) yang memicu peningkatan fibroblast. Fibroblast diperlukan untuk sintesis proteoglikan dan bersama dengan VEGF akan memacu kolagen sintesis pada proses remodeling, salah satu tahapan dalam penyembuhan luka. Pemberian oksigen hiperbarik pada luka akan berfungsi menurunkan infeksi dan edema (Huda, 2010).

Mekanisme pada penyembuhan luka diabetes dengan terapi oksigen hiperbarik diawali dengan adanya pembuluh darah yang rusak dan menyebabkan aliran darah kurang lancar. Untuk memperbaiki sel yang rusak pada proses penyembuhan luka membutuhkan zat-zat makanan dan pembentukan sel membutuhkan metabolisme. Metabolisme membutuhkan oksigen sebagai energi. Dengan menggunakan TOHB meskipun aliran darah sedikit tapi cairan darah tersebut kaya akan oksigen, sehingga kebutuhan oksigen untuk memperbaiki sel cukup (Savenadia, 2014).

2.6 Prosedur Penatalaksanaan TOHB

Adapun prosedur yang dilakukan saat terapi oksigen hiperbarik berlangsung adalah sebagai berikut:

a. Sebelum Terapi Hiperbarik Oksigen

Dokter jaga TOHB dan perawat (tender) melaksanakan :

- 1) Anamnesis
- 2) Pemeriksaan fisik lengkap
- 3) X-foto thorak PA
- 4) Pemeriksaan tambahan bila dianggap perlu
- 5) Menerangkan manfaat, efek samping, proses dan program TOHB yaitu:
 - (a) Terapi dilaksanakan di dalam RUBT
 - (b) Cara adaptasi terhadap perubahan tekanan : manuver valsava / *equalisasi*.

Adapun langkah yang dilakukan untuk menyeimbangkan tekanan dalam

telinga yaitu buka tutup mulut, menelan ludah atau memakan permen dan dengan maneuver valsava atau menutup mulut dan hidung seperti orang membuang cairan dalam hidung (Savenadia, 2014).

b. Selama Terapi Hiperbarik Oksigen

- 1) Selama proses kompresi, perawat membantu adaptasi peserta TOHB terhadap peningkatan tekanan lingkungan
- 2) Selama proses menghirup O₂ 100%
 - (a) Observasi tanda-tanda intoksikasi oksigen, seperti pucat, keringat dingin, *twitching*, mual, muntah dan kejang. Bila terjadi hal tersebut, perawat akan memberitahukan kepada petugas diluar bahwa terapi dihentikan sementara sampai menunggu kondisi pasien baik
 - (b) Observasi tanda-tanda vital dan keluhan peserta TOHB
 - (c) Untuk kasus penyelaman, observasi sesuai keluhan seperti rasa nyeri (Lakesla, 2015).
- 3) Selama proses dekompresi perawat membantu adaptasi pasien TOHB terhadap pengurangan tekanan lingkungan dengan maneuver valsava, menelan ludah atau minum air putih (Supondha, 2015).

c. Setelah Terapi Hiperbarik Oksigen

Dokter dan perawat jaga melaksanakan anamnesis setelah terapi, evaluasi penyakit, evaluasi ada tidaknya efek samping. Bila kondisi baik maka pasien akan dikembalikan ke ruang perawatan seperti semula (Huda, 2010).

2.7 Pengaruh TOHB

Ada dua efek yang didapatkan dari TOHB yaitu efek mekanik dan efek fisiologis. Efek fisiologis dapat dijelaskan melalui mekanisme oksigen yang terlarut dalam plasma. Pengangkutan oksigen ke jaringan meningkat seiring dengan peningkatan oksigen terlarut dalam plasma. Efek mekanik yaitu meningkatnya tekanan lingkungan yang memberikan manfaat penurunan volume gelembung gas atau udara seperti pada terapi penderita dekompresi dan gas emboli (Lakesla, 2015).

Efek peningkatan tekanan parsial oksigen dalam darah dan jaringan juga memberikan manfaat terapeutik pada manusia karena dapat digunakan sebagai salah satu terapi adjuvan pada cedera jaringan lunak yang mengalami iskemia dan luka bakar (Hermanto dan Taufiqurrahman, 2015). Terapi ini terbukti efektif dalam berbagai kondisi medis, baik sebagai perawatan kesehatan primer atau perawatan medis lainnya seperti antibiotik atau operasi (Baromedical, 2016).

Pengaruh TOHB akan menyebabkan meningkatnya tekanan parsial O_2 pada jaringan dan kandungan oksigen yang terlarut dalam plasma, hal ini dapat melawan efek hipoksia pada jaringan yang mengalami luka dan meningkatkan kualitas jaringan yang terbentuk. Manfaat yang dihasilkan dari pengobatan hiperbarik dapat digunakan untuk menyembuhkan luka atau penyakit (Prabowo, 2014). Terdapat jenis-jenis pengobatan yang dapat disembuhkan dengan TOHB yang terbagi sebagai berikut :

1. Sebagai pengobatan utama, yaitu untuk penyakit-penyakit akibat penyelaman dan kegiatan kelautan, seperti :
 - a) Penyakit dekompresi
 - b) Emboli udara
 - c) Luka bakar
 - d) Keracunan gas karbon monoksida (CO)
 - e) *Crush injury* (Pemimpin Redaksi, 2016).
2. Sebagai pengobatan tambahan, yaitu untuk :
 - a) Gas gangren
 - b) Komplikasi diabetes mellitus (gangren diabeticum)
 - c) Eritema nodosum
 - d) Osteomyelitis
 - e) Morbus Hansen
 - f) Psoriasis vulgaris
 - g) Edema serebral
 - h) Lupus erimatosus (SLE) dan rheumatoid arthritis (Wahyudi, 2016).

3. Sebagai pengobatan pilihan lain, yaitu untuk :
 - a) Pelayanan kesehatan, kebugaran dan olahraga
 - b) Pasien lanjut usia (geriatri)
 - c) Dermatologi dan kecantikan (Menkes, 2008)
4. Sebagai penunjang diagnostik, yaitu untuk pasien rawat inap dengan :
 - a) Penyakit dekompresi berat dengan kelumpuhan (parese & plegi)
 - b) Penyakit dekompresi berat dengan incontinencia urine dan hematuria
 - c) Penyakit dekompresi berat dengan disertai penyakit jantung
 - d) Penyakit dekompresi berat dengan pneumonia (Menkes, 2008).

Untuk kasus seperti dekompresi dapat disembuhkan dengan menggunakan terapi oksigen hiperbarik dengan dikompresi hingga bertekanan 60 fsw (Davis, 1979). Sedangkan pengobatan-pengobatan di atas dilaksanakan rawat bersama antara pelayanan medik hiperbarik dengan rumah sakit yang terkait.

Secara umum TOHB tetap memiliki beberapa resiko penyakit yang perlu diwaspadai seperti barotruma telinga, sinus paranasalis, dekompresi, keracunan oksigen, temporerer myopia dan intoksikasi akut oksigen (Gill dan Bell, 2004). Meskipun oksigen memiliki efek positif jika pemberiannya diberikan secara terus menerus tanpa interval tertentu akan menyebabkan terbentuknya banyak senyawa radikal bebas seperti *reactive oxygen spesies* (ROS) yang akan merusak jaringan dan mengakibatkan nekrosis jaringan dengan gejala mual, berkering, batuk kering, sakit dada dan kedutan (Dwipayana dan Prijambodo, 2010).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di ruang terapi oksigen Instalasi Hiperbarik RS Paru Jember. Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksperimen. Data yang diperoleh dari lapang yaitu kadar O_2 (%), kadar CO_2 (%) dan tekanan udara (ATA). Survei dilaksanakan pada bulan Mei 2015 sampai Agustus 2015 dan data diambil pada bulan Oktober 2015 sampai November 2015, dengan objek penelitian adalah jumlah pasien yang akan diterapi dan kedalamannya.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. *Multiplace chamber* yang dapat diisi 1 hingga 10 pasien



Gambar 3.1 *Multiplace chamber* (a) tampak luar dan (b) tampak dalam

2. Alat untuk mengetahui kedalaman saat terapi oksigen hiperbarik



Gambar 3.2 Automated control

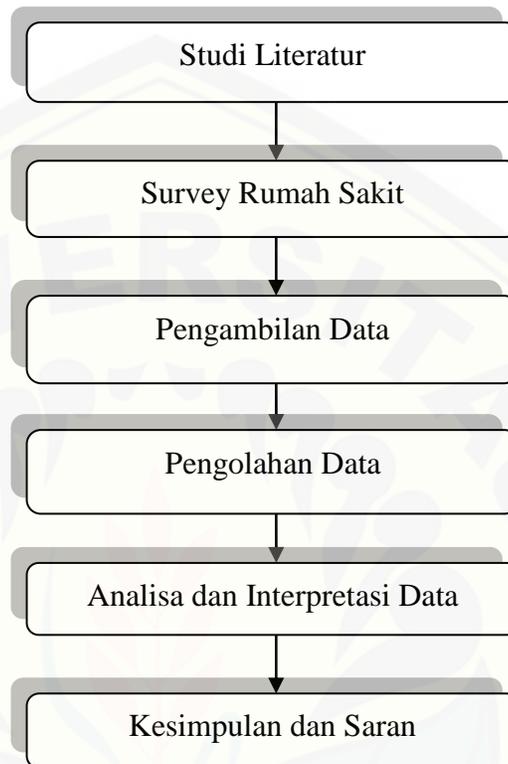
3. Alat untuk mengetahui kadar oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2)



Gambar 3.3 Hyperbaric oxygen analyser

3.3 Diagram Kerja Penelitian

Diagram kerja penelitian dapat digambarkan seperti gambar 3.4 di bawah ini



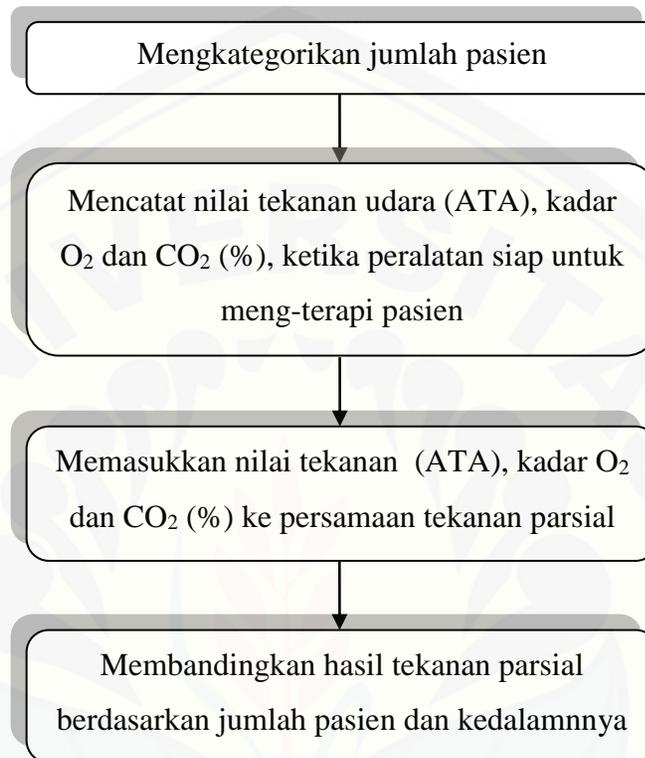
Gambar 3.4 Diagram kerja penelitian

3.3.1 Studi Literatur dan Survey Rumah Sakit

Pada tahap studi literatur yang dilakukan yaitu mencari informasi tentang tekanan parsial pada hiperbarik dengan cara membandingkan satu referensi dengan referensi lainnya. Sedangkan pada tahap survey rumah sakit dilakukan dengan cara pengenalan alat *chamber multiplace* beserta bagian-bagian yang ada didalamnya, penggunaan *automated control* dan *hyperbaric oxygen analyser* beserta cara pengoperasiannya. Adapun prosedur pengoperasian *automated control* dipelajari untuk pembacaan kedalaman (msw) pada saat terapi dan *hyperbaric oxygen analyser* dipelajari untuk pembacaan kadar O₂ (%) dan kadar CO₂ (%) di dalam ruang terapi oksigen hiperbarik.

3.3.2 Pengambilan Data

Adapun pengambilan data penelitian dilakukan dengan langkah sebagai berikut:



Gambar 3.5 Skema kerja tekanan parsial terapi oksigen hiperbarik pada pasien

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan oleh seorang operator untuk pengoperasian alat *panel control* di ruang operator dan peneliti untuk mencatat hasil pengukuran kadar O₂ (%), kadar CO₂ (%), tekanan udara (ATA) serta lama waktunya terapi (detik) pada alat yang sudah ada di lokasi tersebut. Adapun langkah-langkah pengambilan data dalam penelitian ini, yaitu:

1. menghidupkan *panel control* di ruang operator oleh seorang operator dengan menekan tombol *power auto* agar alat yang digunakan berjalan secara otomatis. Lalu memilih jenis terapi *kindwall*.
2. operator menutup pintu *chamber* dan peneliti mencatat nilai kadar O₂ (%) dan kadar CO₂ (%) dari alat *hyperbaric oxygen analyser* untuk setiap

- kedalaman (msw), mulai kedalaman (0 – 13) msw dan (13 –0) msw. Namun saat kedalaman 14 msw pasien mulai menggunakan masker dengan kadar oksigen 100% selama 90 menit, sehingga setiap 5 menit kadar O₂ (%) dan kadar CO₂ (%) yang ada pada alat dicatat oleh peneliti dan diakumulasi.
3. mencatat juga nilai setiap kedalaman (msw) serta lama waktu terapi (menit) dari alat *automated control*. Pengukuran untuk setiap jumlah pasien dilakukan dengan 5 kali pengulangan.
 4. pengukuran langkah 2 dan 3 diulangi untuk jumlah pasien yang berbeda agar dapat mengetahui perbedaan nilai tekanan parsialnya.

3.3.3 Pengolahan Data, Analisa dan Interpretasi Data

Pada tahap pengolahan data, nilai tekanan parsial yang digunakan untuk terapi pada pasien diperoleh dari kadar O₂ (%), kadar CO₂ (%), tekanan udara (ATA) dan jumlah pasien yang ada di dalam ruang terapi untuk setiap kedalamannya. Semua nilai data tersebut digrafikkan dengan menggunakan Microsoft Excel 2007. Kemudian data penelitian yang ada dianalisis. Hasil pengolahan data lapangan kemudian dibandingkan antara nilai tekanan parsial saat jumlah pasien berbeda.

Data dari pengukuran akan didapatkan berupa nilai tekanan udara (ATA), kadar O₂ (%) dan kadar CO₂ (%), kemudian data akan diolah agar mendapatkan nilai tekanan parsial dengan menggunakan persamaan :

$$p_t = F_{gas} \times PB \quad 3.1$$

Dimana : p_t = tekanan parsial gas dari O₂ dan CO₂ (ATA)

F_{gas} = kadar gas dari O₂ dan CO₂ (%)

PB = tekanan udara ruang hiperbarik (ATA)

Nilai tekanan parsial dihasilkan dengan mengkonversi persamaan (3.1) melalui parameter yang tercantum dalam peralatan terapi. Dengan menggunakan persamaan ini akan dapat diketahui nilai tekanan parsial yang terbagi dari beberapa gas berdasarkan jumlah pasien dan kedalamannya (Mahdi *et al.*, 2009).

Data penelitian tekanan parsial dianalisis secara statistik menggunakan metode *oneway ANOVA (analysis of variance)* pada program SPSS. Metode ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata nilai tekanan parsial untuk setiap jumlah pasien dan kedalaman yang berbeda-beda. Adapun tahapan dalam analisa uji ANOVA yaitu:

1. Menentukan hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam uji statistik menggunakan metode *oneway ANOVA* adalah sebagai berikut:

a. Uji Tekanan Parsial Oksigen

(a) Uji Tekanan Parsial Oksigen saat *Descent* dan *Ascent*

H_0 (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata tekanan parsial O_2 pada saat *descent* dan *ascent* dari setiap jumlah pasien yang berbeda; H_1 (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan nilai rata-rata tekanan parsial O_2 pada saat *descent* dan *ascent* dari setiap jumlah pasien yang berbeda.

(b) Uji Tekanan Parsial Oksigen saat Kedalaman 14 msw

H_0 (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata tekanan parsial O_2 pada saat kedalaman 14 msw dari setiap jumlah pasien yang berbeda; H_1 (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan nilai rata-rata tekanan parsial O_2 pada saat kedalaman 14 msw dari setiap jumlah pasien yang berbeda.

b. Uji Tekanan Parsial Karbondioksida

(a) Uji Tekanan Parsial Karbondioksida saat *Descent* dan *Ascent*

H_0 (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata tekanan parsial CO_2 pada saat *descent* dan *ascent* dari setiap jumlah pasien yang berbeda; H_1 (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan nilai rata-rata tekanan parsial CO_2 pada saat *descent* dan *ascent* dari setiap jumlah pasien yang berbeda.

(b) Uji Tekanan Parsial Karbondioksida saat Kedalaman 14 msw

H_0 (Hipotesa awal) yaitu tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata tekanan parsial CO_2 pada saat kedalaman 14 msw dari setiap jumlah pasien yang berbeda; H_1 (Hipotesa alternatif) yaitu terdapat perbedaan nilai rata-rata tekanan parsial CO_2 pada saat kedalaman 14 msw dari setiap jumlah pasien yang berbeda.

2. Menentukan tingkat signifikan (α) yaitu sebesar 1% atau 0,010.
3. Menentukan F_{tabel} yang diperoleh dengan cara menuliskan rumus =FINV(probabilitas; df1; df2) di Microsoft Excel 2007. Dimana nilai F_{tabel} dalam penelitian ini adalah sebesar 2,465 untuk setiap uji tekanan parsial O_2 dan CO_2 saat *descent* dan *ascent*. Sedangkan nilai F_{tabel} sebesar 2,104 digunakan untuk uji tekanan parsial O_2 dan CO_2 saat kedalaman 14 msw.
4. Kriteria pengujian, jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $P (sig) < 0,010$ berarti H_0 ditolak. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $P (sig) > 0,010$ berarti H_0 diterima.

3.3.4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran dari hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk para pekerja, pasien, masyarakat umum yang akan mencoba terapi oksigen hiperbarik dan khususnya bagi Instalasi Hiperbarik RS Paru Jember.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa nilai tekanan parsial yang ada di ruang TOHB Instalasi RS Paru Jember pada jumlah pasien 2, 4, 6 dan 8 orang memenuhi standar yang disarankan dari Lakesla, yaitu berada dalam rentang nilai (0,06 – 1,6) ATA untuk tekanan parsial oksigen dan 1% untuk kadar karbondioksida. Hal ini didukung oleh uji statistika ANOVA yang memiliki nilai $P_{value} < 0,010$ yang menunjukkan adanya perbedaan untuk seluruh nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida pada keadaan *descent*, *ascent* dan kedalaman 14 msw pada jumlah pasien 2, 4, 6 dan 8 orang. Namun pada saat kedalaman 14 msw jumlah pasien 2 dan 4 orang mempunyai nilai $P_{value} > 0,010$ yang menunjukkan tidak adanya perbedaan nilai tekanan parsial karbondioksida.

Trend grafik nilai tekanan parsial pada jumlah pasien 8 orang memiliki nilai tertinggi diantara jumlah pasien yang lain untuk semua keadaan dan kedalaman. Walaupun seluruh nilai rata-rata tekanan parsial oksigen dan karbondioksida masih dibawah standar yang sudah ditentukan, akan tetapi *trend* grafik menunjukkan perlu adanya peningkatan sistem pengontrolan agar nilai tekanan parsial oksigen dan karbondioksida tidak kurang dari standar yang ditentukan.

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil penelitian dan pembahasan yang dapat diusulkan yaitu sebagai masukan kepada ruang TOHB Instalasi RS Paru Jember untuk tetap terus meningkatkan sistem pengontrolan nilai tekanan parsial supaya sesuai standar dari yang disarankan dan agar ada pembagian waktu terapi yang berbeda untuk jenis penyakit yang berbeda pada masing-masing pasien, agar pasien atau perawat yang ada di dalam ruang TOHB merasa lebih aman dan tenang saat melakukan terapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015. *The Physiology of Hyperbaric Oxygen Therapy*.
http://www.vet.utk.edu/vhms/pdf/Physiology_of_Hyperbaric_Oxygen.pdf
[21 Juni 2015].
- Anonim. 2016a. *Terapi Oksigen*. <https://razimaulana.wordpress.com/2008/11/02/terapi-oksigen/> [10 Maret 2016].
- Anonim. 2016b. *Ini Kronologi Kebakaran di Ruang Tabung RS AL Mintohardjo*.
<http://metro.sindonews.com/read/1092879/170/ini-kronologi-kebakaran-di-ruang-tabung-rsal-mintohardjo-1457951406> [15 Maret 2016].
- Baromedical. 2016. *Hyperbaric Oxygen Therapy*.
<http://baromedical.ca/hyperbaric-oxygen.php> [08 Juni 2016].
- Bueche, F. J. 1989. *Teori dan Soal-Soal Fisika Edisi Kedelapan*. Jakarta: Erlangga.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti. Edisi ketiga Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Coremap. 2015a. *Fisika Penyelaman (Pengaruh Hukum Fisika Pada Penyelaman)*.
http://regional.coremap.or.id/downloads/Fisika_Penyelaman.pdf
[15 September 2015].
- Coremap. 2015b. *Menyelam (Pengertian, Jenis dan Sejarah Singkat)*.
http://www.coremap.or.id/downloads/MENYELAM_1158562081.pdf
[23 September 2015].
- Davis, J. C. 1979. *Workshop Conclusion in Treatment of Serious Decompression Sickness and Arterial Gas Embolism Workshop*. Maryland: UMS, Inc Bethesda.
- Dwipayana, R. dan Prijambodo, B. 2010. *The Effect of Hyperbaric Oxygen On The Healing Of Rat's Flexor Muscle Injury*. Surabaya: Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
- Giancoli, D. C. 1998. *Physics Fifth Edition (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.

- Gill, A. L. dan Bell, C. N. A. 2004. *Hyperbaric Oxygen: its uses, mechanisms of action and outcomes*. US: Oxford Journals.
- Gurukita. 2016. *Tekanan Hidrostatik*. <https://gurukita.net/2016/02/10/materi-pelajaran-fisika-tekanan-hidrostatik/> [08 Juni 2016].
- Guyton, A. C. dan Hall, J. E. 1996. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran (Textbook of Medical Physiology)*. Edisi Kesembilan. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Halliday, D. dan Resnick, R. 1991. *Physics (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Hermanto, E dan Taufiqurrahman, I. 2015. *Manfaat Terapi Oksigen Hiperbarik dalam Mempercepat Proses Penyembuhan Luka*. Surabaya: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hang Tuah Surabaya Indonesia.
- Hernawati. 2008. *Sistem Pernapasan Manusia Pada Kondisi Latihan dan Perbedaan Ketinggian*. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Huda, N. 2010. *Pengaruh Hiperbarik Oksigen (HBO) Terhadap Perfusi Perifer Luka Gangren pada Penderita DM di RSAL Dr. Ramelan Surabaya*. Depok: Universitas Indonesia.
- Iskandar, D. 2010. *Mengenal Bumi untuk Menjaga Kelestarian Bumi (Seri 3: Energi dan Permasalahannya)*. CV. Graha Ilmu Mulia.
- Jain, K. K. 1999. *Oxygen Toxicity. Textbook of Medicine 3rd revised Edition*. Hogrefe and Huber Publishing Inc.
- Kanginan, M. 2007. *Fisika IPA*. Jakarta: Erlangga.
- Kompas TV. 2013. *Sehat dan Bugar Berkat Terapi Oksigen Hiperbarik*. <http://health.kompas.com/read/2013/03/12/19195876/Sehat.dan.Bugar.Berkat.Terapi.Oksigen.Hiperbarik> [08 Juni 2016].
- Kusumaningrum, W. 2014. *Difusi Gas*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Lajeng, U. K. A., Rahmadhani, F., dan Masfufatul, I. 2014. *Difusi Gas*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

- Lakesla. 2015. *Mengenal Terapi Hiperbarik*.
<http://lakesla.com/artikel/view/5/Mengenal%20Terapi%20Hiperbarik>
[17 Maret 2016].
- Mahdi, Sasongko, Siswanto, Hinarya, Suharsono, Soepriyoto, Setiawan, Hanjaya, Guntoro, dan Susanto. 2009. *Ilmu Kesehatan Penyelaman dan Hiperbarik*. Surabaya: Lembaga Kesehatan Kelautan (Lakesla) TNI AL.
- Maryanto, A. 2013. *Pengantar Mekanika Panas dan Bunyi*. Yogyakarta: UNY.
- Menkes. 2008. *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 120/Menkes/SK/II/2008 tentang Standar Pelayanan Medik Hiperbarik Menteri Kesehatan Republik Indonesia*. Jakarta: Menkes.
- Nining. 2009. *Pengenalan dan Terapi RUBT (Ruang Udara Bertekanan Tinggi= Hyperbaric Chamber)*. <http://ners-fighter.blogspot.co.id/2009/06/pendahuluan-ruang-udara-bertekanan.html> [29 Maret 2016].
- Paramitadewi. 2016. Bejana Berhubungan. <https://dparamitadewi.wordpress.com/ipa-2/ipa-3/semester-2/tekanan/bejana-berhubungan/> [08 Juni 2016].
- Pemimpin Redaksi. "Jam Tangan pun Tidak Boleh Dipakai". *Jawa Pos*. 16 Maret 2016. Halaman 2.
- Perry Baromedical. 2015a. *Sigma 34 Monoplace Hyperbaric System*. <http://www.perrybaromedical.com/pdf/Sigma34.pdf> [23 Maret 2015].
- Perry Baromedical. 2015b. *Sigma MP (Multiplace Hyperbaric System)*. <http://www.perrybaromedical.com/pdf/SigmaMP.pdf> [23 Maret 2015].
- Prabowo, Nataatmadja, Hadi, Dikman, Handajani, Tehupuring, Soetarso, Suryokusumo, Aulanniam, Herawati, dan West. 2014. *Hyperbaric Oxygen Treatment in a Diabetic Rat Model is Associated with a Decrease in Blood Glucose, Regression of Organ Damage and Improvement in Wound Healing*. Surabaya: Scientific Research Publishing Inc.
- Prasetyo, A. T., Soemantri, J. B., dan Lukmantya. 2012. *Pengaruh Kedalaman dan Lama Menyelam Terhadap Ambang Dengar Penyelam Tradisional dengan Barotrauma Telinga*. Malang: Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya.
- Royal Adelaide Hospital 2015. *Hyperbaric Medicine Unit.FAQa & Information for Patients What is hyperbaric Oxygen therapy?*. www.rah.sa.gov.au/hyperbaric/patient_info.php. [22 Juni 2016].

- RS. Paru Jember. 2015. *Jember Hyperbaric Health*. Jember: Instalasi Promosi Kesehatan Rumah Sakit.
- Samsudin, M. 2003. *Laporan Penelitian: Pengaruh Oksigen Hiperbarik Terhadap Tekanan Intra Okuler Mata Normal*. http://eprints.undip.ac.id/14849/1/2003MOH_SAMSUDIN.pdf [22 Juni 2016].
- Sari, P.F. 2012. *Analisis Nilai Ambang Energi Listrik Sinar X pada Pemeriksaan Thorax Posterior Anterior (PA) Pasien di Instansi Radiodiagnostik RSUD Dr. Soetomo Surabaya*. Jember: Universitas Jember.
- Samadi. 2006. *Geografi 2*. Bogor: Quadra (Yudhistira Ghalia Indonesia).
- Savenadia, P. Wawancara Televisi. “Terapi Oksigen Murni”. Trans TV. Jakarta, 19 November 2014.
- Serway, R. A. dan Jewett, J. W. 2008. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Ninth Edition*. USA: Mary Finch (Brooks/Cole).
- Solopos.com. 2016. Astronom: Musibah Hiperbarik Mirip Insiden Apollo 1. <http://m.solopos.com/2016/03/15/kebakaran-rs-mintohardjo-astronom-musibah-hiperbarik-mirip-insiden-apollo-1-700819> [17 Maret 2016].
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar Jilid 2*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Tipler, P. A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Wahyudi, M. Z. “Dari Dekompresi sampai Kebugaran”. *Jawa Pos*. 19 Maret 2016. Halaman 14.
- Winata, S. M. 2014. Hipoksia. <http://www.kerjanya.net/faq/6612-hipoksia.html>. [08 Juni 2016].