



**TUGAS AKHIR – TF 141581**

**Rancang Bangun Sensor Respirasi Dengan  
Metode Makrobending Pada Serat Optik  
*Singlemode* Sebagai Smart Bed Untuk Aplikasi  
Kesehatan**

Fabio Muhammad Alfian  
NRP. 2415 105 019

**Dosen Pembimbing :**  
Agus Muhamad Hatta ST, M.Si, Ph.D  
19780902 200312 1 002

**Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



***FINAL PROJECT – TF 141581***

***Respiration Sensor Design With Macrobending  
Method On Optical Fiber Singlemode As Smart  
Bed For Health Application***

Fabio Muhammad Alfian  
NRP. 2415 105 019

***Conselor Lecturer :***  
Agus Muhamad Hatta, ST, M.si, Ph. D  
19780902 200312 1 002

***Engineering Physics Department  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017***

**RANCANG BANGUN SENSOR RESPIRASI DENGAN  
METODE MAKROBENDING PADA SERAT OPTIK  
SINGLEMODE SEBAGAI SMART BED UNTUK APLIKASI  
KESEHATAN**


**TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

**FABIO MUHAMMAD ALFIAN  
NRP. 2415 105 019**

**Surabaya, 1 Agustus 2017  
Mengetahui/Menyetujui**

**Pembimbing**

  
**Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.**  
**NIP. 19780902 200312 1 002**

**Kepala Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS**



**Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.**  
**NIP. 19780902 200312 1 002**

**RANCANG BANGUN SENSOR RESPIRASI DENGAN  
METODE MAKROBENDING PADA SERAT OPTIK  
SINGLEMODE SEBAGAI SMART BED UNTUK  
APLIKASI KESEHATAN**





**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Fotonika  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FABIO MUHAMMAD ALFIAN**  
**NRP. 2415 105 019**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Agus Muhammad Hatta, Ph.d.  (Pembimbing)
2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.sc.  (Ketua Penguji)
3. Dr.rer.nat.Ir. Aulia Nasution M.sc.  (Penguji I)
4. Detak Yan Pratama, S.T., M.sc.  (Penguji II)

**SURABAYA**  
**AGUSTUS 2017**

## **PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fabio Muhammad Alfian

NRP : 2415105019

Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “RANCANG BANGUN SENSOR RESPIRASI DENGAN METODE MAKROBENDING PADA SERAT OPTIK SINGLEMODE SEBAGAI SMART BED UNTUK APLIKASI KESEHATAN” adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 1 Agustus 2017  
Yang membuat pernyataan,



Fabio Muhammad Alfian

## ABSTRAK

Pada tugas akhir ini telah dirancang sebuah sensor pernapasan menggunakan serat optik *singlemode* dengan menggunakan metode makrobending. Sistem yang dirancang telah bisa membaca perubahan tekanan yang diakibatkan pergerakan dada dan punggung ketika bernapas. Daerah yang dikenai sensor adalah tulang punggung bagian dada (*thoracal 3*), berdasarkan dari hasil yang didapat pada penelitian ini, bahwasannya pada daerah tersebut sensor dapat mengetahui perubahan tekanan dengan lebih baik. Perubahan tekanan inilah yang mempengaruhi perubahan daya pada sensor serat optik sehingga terbentuk pola turun ketika serat optik tertekan oleh punggung (inspirasi) dan daya kemudian naik ketika punggung kembali ke bentuk awal (ekspirasi). Pola tersebut yang kemudian terbaca sebagai pola pernapasan. Pada penelitian ini dilakukan percobaan untuk menemukan konfigurasi terbaik, ditinjau dari aspek lilitan dan diameter serat optik. Konfigurasi percobaan menggunakan 1, 3 dan 5 lilitan dimana setiap macam lilitan tersebut dikombinasikan dengan diameter 1, 3 dan 5 cm. Hasil terbaik untuk sensor monitoring pernapasan pada penelitian ini adalah 3 lilitan dengan diameter 3 cm. Hasil tersebut berdasar dari pola grafik pernapasan yang terbentuk dengan *range* amplitude sebesar 1 dBm dan *range* frekuensi sebanyak 12-20 kali dalam 1 menit. Selain itu, hasil juga dibandingkan dengan pola hasil penelitian sebelumnya dan *bed monitoring* Philips mx-400 sebagai bahan validasi dimana hasil yang didapatkan, yaitu berupa grafik pola pernapasan, telah serupa.

**Kata kunci : pernapasan, serat optik, makrobending**

## **ABSTRACT**

*In this final project has designed a breathing sensor using singlemode fiber optic by using macrobending method. The designed system has been able to read changes in pressure caused by movement of the chest and back when breathing. The sensory region is the thoracal 3, based on the results obtained in this study, and that the region of the sensor can read the pressure changes better. This pressure change affects the power changes in the optical fiber sensor to form a down pattern when the optical fiber is suppressed by the back (inspiration) and power then rises when the back returns to its original form (expiration). The pattern then read as a breathing pattern. The experiment was conducted to find the best configuration, in terms of the loops and fiber optic diameter aspects. The experimental configuration uses 1, 3 and 5 loop where in each kind of loop is combined with a diameter of 1, 3 and 5 cm. The best results for the respiratory monitoring sensor in this study were 3 loops with 3 cm diameter. The results were based on the pattern of respiratory graphs formed with a range of amplitude of 1 dBm and frequency range of 12-20 times in 1 minute. In addition, the results were also compared with the pattern of previous research results and bed monitoring Philips mx-400 as a validation material where the results obtained, ie in the form of respiratory pattern graph, have been similar.*

**Keywords: respiration, fiber optic, macrobending**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat ALLAH SWT Rabbil Azzaty, shalawat dan salam tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Rancang Bangun Sensor Respirasi Dengan Metode Makrobending Pada Serat Optik *Singlemode* Sebagai Smart Bed Untuk Aplikasi Kesehatan”**. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program S-1 Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini kepada:

1. Agus Muhamad Hatta ST, M.Si, Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Fisika FTI – ITS Surabaya atas kebijaksanaan beliau.
2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, MSc selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Fotonika yang telah memberikan ijin penggunaan fasilitas Laboratorium.
3. Agus Muhamad Hatta ST, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing materi..
4. Bapak Ir. Tutug D. yang selalu membimbing saya selama perkuliahan.
5. Sahabat- Sahabat saya, dan semua pihak yang tidak bisa di sebutkan satu persatu oleh penulis.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga, khusus penulis haturkan bagi beliau – beliau yang sangat penulis kasihi Ibunda dan Ayahanda di Bangil serta , ketiga adik saya terutama yang baru datang pada dunia ini atas segenap doa dan dukungan mereka selama penulis melaksanakan tugas akhir. Juga seluruh Keluarga Besar yang penuh ketulusan memberikan dorongan baik materil maupun semangat moril dan doanya, selama penulis



menuntut ilmu dan hingga mampu selama menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan hidayah serta membalas amal budi baik kita semua. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis menyadari masih banyak kekurangannya “Tak Ada Gading Tak Retak”. Oleh karena itu segala kritik dan saran membangun dari berbagai pihak akan senantiasa diterima dengan keikhlasan hati. Akhir kata penulis ucapkan Wassalamualaikum warahmatullahi Wabarakaatuh.

Surabaya, 1 Juli 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5. Manfaat .....	3
1.6. Sistematika Laporan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2. Pernapasan .....	8
2.3. Serat Optik <i>Singlemode</i> .....	10
2.4. Makrobending.....	11
2.5. Sensor .....	12
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .....	15
3.1. Metodologi.....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	21
4.1. Posisi Sensor.....	21
4.2. Variasi <i>Bending</i> dan Lilitan .....	24
4.3. Hasil Bed Monitoring .....	33
4.4. Pembahasan .....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	37
5.1. Kesimpulan.....	37
5.2. Saran .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	xxxix

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Desain setengah oval sensor serat optik; (a) Tanpa cross-point (b) dengan cross-point .....	6
Gambar 2. 2 Desain matras .....	6
Gambar 2. 3 FBG tertanam ke 5-lapis komposit laminasi .....	7
Gambar 2. 4 Sensor mikrobending disadur dari .....	7
Gambar 2. 5 Set up eksperimen disadur dari .....	8
Gambar 2. 6 Perbandingan hasil dengan ECG .....	8
Gambar 2. 7 Pergerakan <i>thorax</i> .....	9
Gambar 2. 8 Struktur serat optik .....	10
Gambar 2. 9 Makrobending .....	11
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	16
Gambar 4. 1 Posisi sensor pada punggung .....	21
Gambar 4. 2 Titik toracal [26] .....	22
Gambar 4. 3 Toracal 2 .....	23
Gambar 4. 4 Toracal 3 .....	23
Gambar 4. 5 Toracal 4 .....	24
Gambar 4. 6 Tanpa beban 1D1L .....	25
Gambar 4. 7 Dengan beban 1D1L .....	25
Gambar 4. 8 Tanpa beban 1D3L .....	26
Gambar 4. 9 Dengan beban 1D3L .....	26
Gambar 4. 10 Tanpa beban 3D1L .....	27
Gambar 4. 11 Dengan Beban 3D1L .....	27
Gambar 4. 12 Tanpa beban 3D3L .....	28
Gambar 4. 13 Dengan beban 3D3L .....	28
Gambar 4. 14 Tanpa beban 3D5L .....	29
Gambar 4. 15 Dengan beban 3D5L .....	29
Gambar 4. 16 Tanpa beban 5D1L .....	30
Gambar 4. 17 Dengan beban 5D1L .....	30
Gambar 4. 18 Tanpa beban 5D3L .....	31
Gambar 4. 19 Dengan beban 5D3L .....	31

Gambar 4. 20 Tanpa beban 5D5L .....	32
Gambar 4. 21 Dengan beban 5D5L.....	32
Gambar 4. 22 Perbandingan daya pada variasi serat optik	33
Gambar 4. 23 Pengambilan data bed monitoring pernapasan normal.....	34
Gambar 4. 24 hasil olah variasi 3 cm 3 lilitan.....	35
Gambar 4. 25 hasil olah variasi 5 cm 5 lilitan.....	35
Gambar 4. 26 Hasil sensor pernapasan FBG [9].....	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi serat optik <i>singlemode</i> .....	11
---	----



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Untuk beberapa dekade, profesi kesehatan dan organisasi telah memanfaatkan perekaman dari tanda-tanda vital sebagai sarana untuk mengevaluasi status fisiologis individu. Informasi ini, yang secara tradisional terdiri dari tekanan darah, suhu, denyut nadi, laju pernapasan dan pengukuran saturasi oksigen, dan digunakan untuk membantu menentukan di bagian status kesehatan pasien [1]. Selain itu dengan kompleksitas memajukan pasien di kedua pengaturan rawat inap dan rawat jalan, tanda-tanda vital telah menjadi bahan pertimbangan sebagai cara untuk mengidentifikasi pasien yang mungkin berisiko mengalami situasi yang buruk [2]. Pernapasan atau laju pernapasan adalah salah satu tanda vital tubuh manusia diantara empat tanda vital lainnya, yaitu denyut nadi, tekanan darah dan suhu [3]. Salah satu yang penting namun sering tidak dipantau pada kebanyakan rumah sakit adalah laju pernapasan [4]. Hal ini menjadi penting karena menurut penelitian yang dilakukan oleh Mandy Odell, nilai tingkat pernapasan menjadi acuan awal untuk mendeteksi perubahan secara dini pada penyakit kritis seperti penyakit jantung [5].

Pada dunia medis, untuk memantau laju pernapasan telah banyak dikembangkan alat seperti respi8 dan karnogrph. Meskipun dapat memberikan hasil yang cukup baik namun dalam segi kenyamanannya kurang karena harus memasukkan alat kedalam mulut pasien [6]. Dewasa ini telah banyak dikembangkan sensor respirasi dengan menggunakan serat optik. Hal ini dikarenakan serat optik memiliki banyak kelebihan daripada sensor tradisional yaitu ukuran yang kecil, sensitivitas tinggi dan tahan terhadap intervensi gelombang elektromagnetik, serta konsumsi daya yang rendah [7]. Beberapa perkembangan sensor serat optik sebagai dilakukan, dengan judul penelitian *An Optical Fibre-Based Sensor for Respiratory Monitoring* dimana serat optik digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi tingkat

pernapasan melalui fenomena makrobending, sensor akan merasakan perubahan naik turunnya dada dalam proses inspirasi dan ekspirasi. Didalam penelitian tersebut menggunakan *polymeric optical fiber* dan peletakan sensornya pada *torso* [8]. Selain penelitian tersebut dilakukan Penelitian lain yang dengan menggunakan metode *fiber bragg grating* (FBG) pada tempat tidur pasien sebagai sensor pernafasan dengan memanfaatkan sensitivitasnya terhadap tekanan [9], kemudian hasilnya dibandingkan dengan oximeter yaitu sebuah alat yang mengukur absorpsi dari cahaya warna merah dan *infrared* yang melalui jari pasien dengan menggunakan sensor cahaya [10]. Kemudian dilanjutkan oleh Dzuida pada tahun 2012 yang lebih mengarah pada aplikasi MRI [11]. Dilakukan juga penelitian yang menggunakan metode *fiber bragg grating* dengan menggunakan media tekstil berupa rompi yang dilakukan oleh Marco Ciocchetti pada tahun 2015 [12]. Kemudian Julien de Jonckheere melakukan penelitian dengan menggunakan metode makrobending untuk memantau laju pernapasan dengan media tekstil. Penelitian tersebut memanfaatkan serat optik sebagai sensor regangan dan diletakan pada bagian dada atas [13].

Berdasar pada penelitian sebelumnya maka pada tugas akhir ini akan dilakukan perancangan *smart bed* berbasis serat optik sebagai sensor laju pernapasan dimana pada bagian bawah matras akan dipasang sensor serat optik dengan metode makrobending. *Bending* sendiri adalah pembengkokan serat optik yang menyebabkan cahaya yang merambat pada serat optik berbelok dari arah transmisi dan hilang. Sebagai contoh, pada serat optik yang mendapat tekanan cukup keras dapat menyebabkan ukuran diameter serat optik menjadi berbeda dari diameter semula, sehingga mempengaruhi sifat transmisi cahaya didalamnya. Sensor berbasis serat optik dapat dibuat dengan memanfaatkan kondisi ini [14]. Makrobending sendiri adalah pelemahan daya yang berhubungan dengan pembengkokan serat optik ataupun dalam bentuk lilitan [15].



## **1.2. Perumusan Masalah**

Adapun permasalahan yang dapat diambil adalah:

1. Bagaimana membuat sistem sensor pernapasan menggunakan serat optik dengan metode makrobending?
2. Bagaimana kinerja sistem monitoring untuk memantau pernapasan?

## **1.3. Batasan Masalah**

Dalam penulisan laporan penelitian tugas akhir ini batasan masalah yang digunakan adalah:

1. Pernapasan yang dideteksi adalah pola pernapasan, manusia yang terdiri dari proses menghirup (inspirasi) dan proses menghembuskan udara (ekspirasi).
2. Serat optik yang digunakan adalah *singlemode dengan core 1550 nm*.
3. Perubahan parameter fisis yang ditinjau pada penelitian ini adalah tekanan dada dari proses inspirasi dan ekspirasi dalam pernapasan.
4. Objek yang digunakan adalah pernapasan normal manusia dewasa.

## **1.4. Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah untuk membuat rancang bangun sensor monitoring pernapasan menggunakan serat optik dengan metode makrobending berdasarkan perubahan parameter fisis pada pernapasan.

## **1.5. Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai metode lain *monitoring* pernafasan serta menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.

## **1.6. Sistematika Laporan**

Penyusunan laporan tugas akhir disusun secara sistematis dalam lima bab utama agar memudahkan pemahaman dengan uraian penjelasan lanjut sebagai berikut.

**BAB I PENDAHULUAN**

Terdiri atas : Latar Belakang, Rumusan Permasalahan, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat dan Sistematika Laporan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi mengenai pemaparan teori dan referensi yang digunakan sebagai konsep dan prinsip dasar yang diperlukan dan mendukung dalam memecahkan masalah dalam penelitian ini.

**BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Berisi perhitungan variable-variabel fisis yang bekerja dan urutan langkah-langkah pembuatan desain geometri berdasarkan eksperimen serta metode yang dilakukan dalam pelaksanaan investigasi pada tugas akhir ini.

**BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Menampilkan analisa dari permasalahan berdasarkan data yang telah diperoleh dan diolah dalam penelitian ini.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan kesimpulan yang telah diperoleh dari hasil penelitian secara keseluruhan dan berisi saran yang dimungkinkan untuk dilakukan pengembangan dan penelitian lebih lanjut.

**DAFTAR PUSTAKA**

Berisikan sumber-sumber referensi yang menunjang dalam penulisan penelitian.

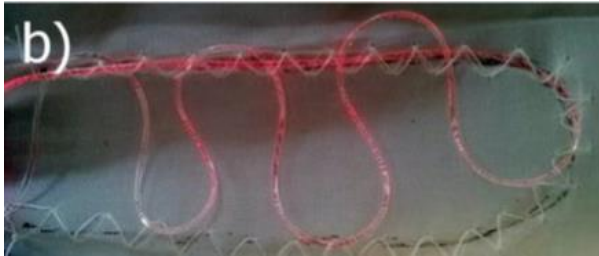
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi yang memanfaatkan serat optik sebagai sensor tekanan telah banyak dikembangkan. hal yang paling sederhana dan tidak mahal adalah dengan menggunakan *bending*/lekukan pada serat optik yaitu dengan memanfaatkan loss dari daya dapat diketahui tekanan yang diterima oleh serat optik:

### 2.1. Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Marek krehel, serat optik telah berhasil digunakan sebagai sensor deteksi laju pernapasan melalui fenomena mikrobending, dimana sensor akan merasakan perubahan naik turun dada dalam proses inspirasi dan ekspirasi. Pada penelitian ini serat optik dikenakan *bending* seperti di tunjukkan pada gambar 1. Terdapat dua set-up sensor seperti yang terlihat (a) dan (b). keduanya menggunakan metode makrobending untuk mengukur stress dari pergerakan dada. Bentuk tersebut pertamakali dikembangkan oleh Agousti dan Raza pada tahun 1993 pada penelitiannya mengenai *fibre optic respiratory plethysmograph (FORP)*. [8]





**Gambar 2. 1 Desain setengah oval sensor serat optik; (a) Tanpa cross-point (b) dengan cross-point [8]**

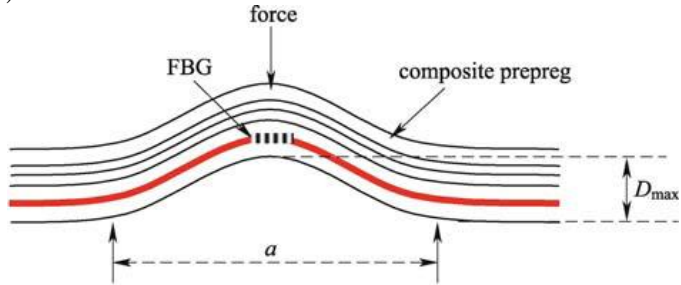
Kemudian pada tahun 2010 Jianzhong juga melakukan penelitian mengenai sensor serat optik untuk laju pernapasan, dimana menggunakan serat optik dengan metode *Fiber Bragg Grating (FBG)* dipasang pada matras tidur pasien sebagai media untuk mengukur tekanan pada bagaian belakang tubuh yang kemudian dibandingkan hasilnya dengan oximeter tipe AVANT 4000. Hasil yang ditunjukkan dalam pengukuran sangat mendekati dari hasil oximeter. Desain dari tempat tidur dan penempatan sensornya adalah tampak pada gambar 2. [9]



**Gambar 2. 2 Desain matras [9]**

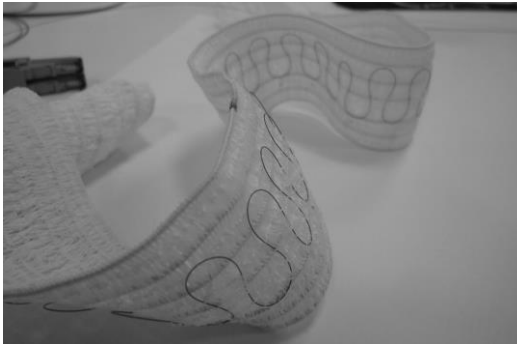
Untuk perancangan sensor yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.3 Bentuk arc-shaped yang digunakan bertujuan

untuk meningkatkan sensitivitas dari sensor. Kemudian sensor tersebut dilapisi dengan bahan *carbon fiber reinforced plastic (CRFP)*.



**Gambar 2. 3 FBG tertanam ke 5-lapis komposit laminasi [9]**

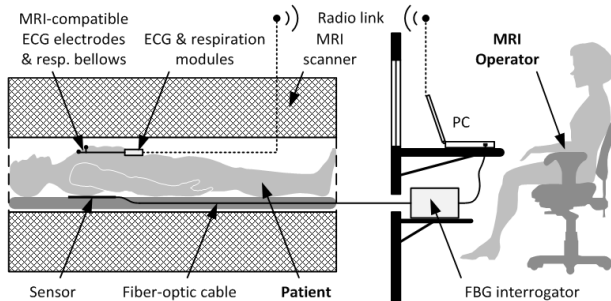
Penelitian lain dilakukan oleh Julien De Jonckheere pada tahun 2012, dimana telah berhasil memanfaatkan metode makrobending untuk memantau pergeseran dari dada ketika melakukan respirasi. Desain dari sensor yang dibuat dapat dilihat pada gambar 4. [13]



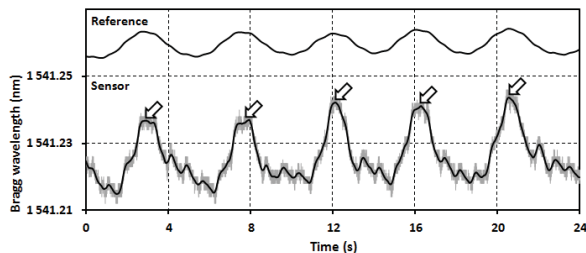
**Gambar 2. 4 Sensor mikrobending disadur dari [13]**

Pada tahun 2013 Lukaz Dzuida melakukan penelitian melanjutkan penelitian sebelumnya pada tahun 2010 mengenai pembuatan sensor serat optik untuk mengukur denyut jantung dan

laju pernapasan dengan menggunakan metode *fiber bragg grating* dan mengaplikasikannya pada pasien yang menggunakan *Magnetic resonance imaging (MRI)*. Adapun desain set up sensor tersebut pada gambar 5 dan perbandingannya dapat hasil dilihat pada gambar 6. Trend yang dihasilkan dari sensor sudah sesuai dengan (*electro cardio graph*) *ECG* sebagai referensi.



**Gambar 2. 5** Set up eksperimen disadur dari [11]



**Gambar 2. 6** Perbandingan hasil dengan ECG

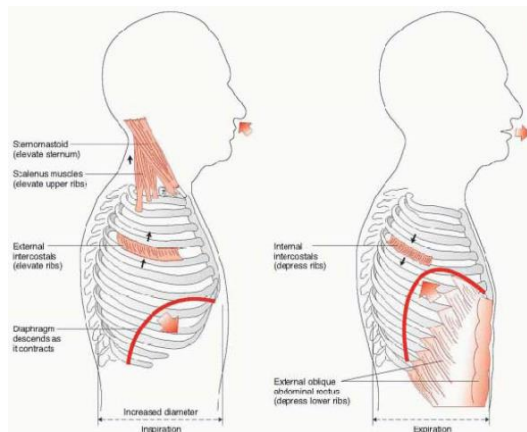
Penempatan sensor berada di bagian belakang tubuh menyesuaikan dari penelitian yang dilakukan oleh S. J. CALA pada tahun 1996. Metode palpasi yang dilakukan oleh teknisi kesehatan juga melakukan pemeriksaan untuk pernapasan pada bagian punggung agar tidak terganggu oleh denyut jantung [16].

## 2.2. Pernapasan

Respirasi adalah proses pertukaran oksigen dan karbondioksida. Udara masuk ke dalam paru melalui inspirasi dan dikeluarkan melalui ekspirasi. Otot yang membantu proses

respirasi adalah diafragma dan interkostal eksternal dan internal. Selama inspirasi, kontraksi diafragma ke arah bawah meningkatkan volume rongga thoraks, menyebabkan udara masuk ke dalam paru dengan cepat. Otot interkostalis eksterna membantu proses inspirasi dengan cara menggerakkan tulang iga ke atas. Selama ekspirasi, diafragma mengalami relaksasi bergerak menuju/melawan paru, mengurangi volume rongga thoraks, dan hal ini memaksa udara keluar dari paru. Secara bersamaan, interkostalis menurunkan tulang iga, membantu ekspirasi.

Ketika dalam dan lajunya respirasi harus ditingkatkan, seperti saat berolah raga atau dalam kondisi gangguan pernafasan, otot-otot tambahan di daerah leher akan mengangkat tulang iga dan sternum, yang memungkinkan volume udara yang masuk ke paru selama inspirasi menjadi lebih besar. Otot-otot ini meliputi sternomastoid, dan trapezii. Selain itu, selama ekspirasi, otot-otot perut berkontraksi dengan kuat, memaksa diafragma lebih jauh menekan paru [17].



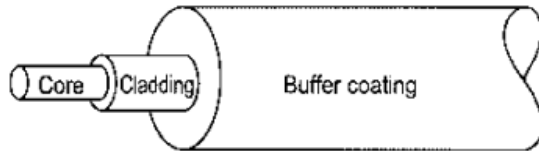
**Gambar 2. 7 Pergerakan *thorax* [17]**

Respirasi lebih penting dari tanda-tanda vital, karena jantung dan otak memerlukan sejumlah tertentu oksigen agar dapat berfungsi. Tingkat pernafasan pada orang dewasa adalah 12-18

napas per menit. Pada bayi baru lahir itu adalah sekitar 40 dan menurun ke nilai-nilai orang dewasa pada usia 18. Ketika seseorang menyadari bahwa tingkat pernapasan akan diamati, ia menjadi sadar diri dan mulai bernapas dalam mode yang aneh. Dengan demikian, praktek yang biasa adalah untuk menguji jantung atau nadi dan mengamati pernapasan tanpa menyebutkan itu [18].

### 2.3. Serat Optik *Singlemode*

Serat optik adalah media yang mentransmisikan radiasi dari cahaya dari satu tempat ke tempat lainnya dalam bentuk gelombang yang terpandu melalui serat yang terbuat dari gelas atau plastik [19]. Serat optik kebanyakan berbentuk silinder yang terdiri dari tiga lapisan: core yang membawa cahaya, lapisan cladding yang menutupi core, dan lapisan pelindung. Gambar 8 dibawah ini menunjukkan struktur serat optik.



**Gambar 2. 8 Struktur serat optik [20].**

Core memiliki nilai indeks bias sebesar  $n_1$ , dan dikelilingi oleh cladding dengan nilai indeks bias yang lebih kecil dari pada  $n_1$ . Meskipun cahaya dapat menjalar melalui core tanpa cladding, namun cladding disini juga berfungsi untuk mengurangi scattering loss pada permukaan gelas dan udara, serta menambah kekuatan mekanik dari pada serat optik. Kemudian lapisan plastik terluar berfungsi untuk melindungi serat optik agar tidak rusak akibat pengaruh fisik lingkungan luar [21].

Fenomena terpandunya cahaya dalam serat optik dikarenakan adanya *total internal reflrction (TIR)* yang terjadi pada batas core-cladding . Dalam hukum Snellius, telah diketahui bahwa sinar datang dari medium yang indeks biasnya lebih besar ke medium yang indeks biasnya lebih kecil, maka sinar akan dibiaskan



menjauhi garis normal. Sudut kritis ( $\phi_c$ ) terjadi apabila sinar datang dibiaskan dengan membentuk sudut  $90^\circ$  [22]. Berikut ini adalah rumus matematis dari TIR.

$$\phi_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (1)$$

Untuk  $n_1 > n_2$  jika sudut datang sinar lebih kecil dari pada sudut kritis, TIR akan terbentuk. Untuk serat optik tipe *singlemode* yang akan dipakai pada penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

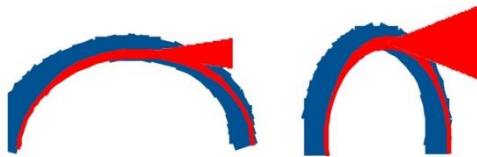
**Tabel 2.1 Spesifikasi serat optik *singlemode***

Glass Geometry		Coating Geometry	
Fiber Curl	$\geq 4.0$ m radius of curvature	Coating Diameter	$242 \pm 5 \mu\text{m}$
Cladding Diameter	$125.0 \pm 0.7 \mu\text{m}$	Coating-Cladding Concentricity	$< 12 \mu\text{m}$
Core-Clad Concentricity	$\leq 0.5 \mu\text{m}$		
Cladding Non-Circularity	$\leq 0.7\%$		

Untuk *tensile strength* berkisar  $>100$ kpsi.

## 2.4. Makrobending

Makrobending pada serat optik adalah pelemahan daya yang berhubungan dengan *bending* atau lekukan pada serat optik. Cahaya dapat keluar dari serat optik ketika mengalami lekukan, dimana semakin akut (diameter yang semakin kecil) maka lebih banyak cahaya yang lolos keluar. Efek ini di tunjukkan secara sistematis pada gambar 9.



**Gambar 2. 9 Makrobending [15]**

Pada gambar kiri terlihat cahaya yang keluar ketika terjadi *bending*. Dan gambar pada sebelah kanan semakin banyak cahaya yang terpandu keluar ketika diameternya semakin mengecil.

$$\gamma = N < h^2 > \frac{a^4}{b^6 \Delta^3} \left( \frac{E}{E_f} \right)^{3/2} \quad (2)$$

Dimana  $\gamma$  adalah atenuasi yang disebabkan makrobending,  $N$  adalah jumlah lilitan dengan  $h$  sebagai rata-rata tinggi setiap lilitan,  $b$  adalah diameter total dari serat optic,  $a$  adalah jari jari inti,  $\Delta$  adalah perbedaan indeks bias dan  $E$  adalah modulus elastis dari serat optic  $E_f$  adalah modulus elastis pada serat optik [15].

## 2.5. Sensor

Berdasarkan sistem pengukuran, sensor merupakan elemen pertama yang memberikan sinyal keluaran sebagai fungsi dari masukan besaran fisis tertentu. Adapun sistem pengukuran secara umum dibangun dengan empat komponen utama, yaitu sensor, pengondisian sinyal, pemrosesan sinyal, dan display [23].

Sensor memiliki beberapa karakteristik statik yang dijadikan sibagai tolok ukur performansi di dalam sistem pengukuran, diantaranya adalah sebagai berikut [23].

- **Range**  
Range input dari sensor adalah nilai minimum ke maksimum (IMIN ke IMAX) dan range output dari element adalah nilai minimum ke maksimum (OMIN ke OMAX). Thermocouple mungkin memiliki range input dari 100°C ke 250°C.
- **Span**  
Span adalah variasi maksimum pada nilai input atau ouput sensor, span input adalah nilai input maksimum dikurangi nilai input minimum (IMAX - IMIN) dan span output adalah nilai output maksimum dikurangi nilai output minimum (OMAX - OMIN). Misalkan transduser tekanan memiliki span input 10<sup>4</sup> Pa dan span output 16 mA.
- **Linearitas Perancangan konfigurasi serat Optik**

Lineartas adalah hubungan antara nilai I dan O sensor yang ideal, jika digambarkan dalam grafik akan membentuk garis lurus.

- Non-Linearitas

Hubungan antara nilai input dan output tidak dalam garis lurus.

- Sensitivitas

Perubahan output sensor ( $\Delta O$ ) untuk setiap perubahan input sensor ( $\Delta I$ ), yang dinyatakan dalam rasio( $\Delta O/\Delta I$ ).

- Hysteresis

Perubahan nilai output (O) yang bergantung pada nilai input pengukuran naik dan pengukuran turun.

$$\text{Hysteresis } H(I) = O(I)_{i\downarrow} - O(I)_{i\uparrow}$$

Halaman sengaja dikosongkan

### BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam tugas akhir ini dibuat sebuah sistem monitoring pernafasan menggunakan serat optik metode makrobending.





**Gambar 3. 1** *Flowchart* Penelitian

### **3.1. Metodologi**

Adapun metodologi penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### 1. Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan untuk mengetahui prinsip dasar dari serat optik, aplikasi serat optik sebagai sensor pernapasan, makrobending, pengaruh tekanan, terhadap indeks bias, serta pengetahuan tentang penelitian yang dilakukan sebelumnya. Literatur yang digunakan adalah buku, jurnal penelitian ilmiah dan artikel ilmiah.

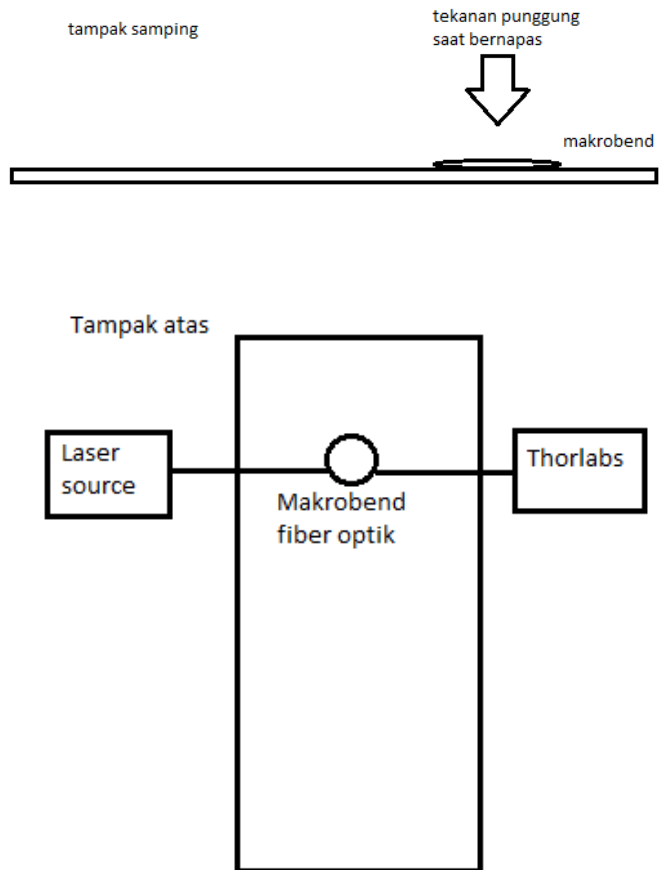
### 2. Penentuan Varisai diameter dan posisi *bending*.

Ditentukan variasi diameter yang akan digunakan sebagai *bending* serat optik. Mengacu pada penelitian sebelumnya terkait makrobending digunakan diameter *bending* 3 cm [24]. Kemudian untuk variasi posisi dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian tulang punggung sesuai dengan yang direkomendasikan *chest wall motion* [25].

### 3. Perancangan Konfigurasi *Smart Bed*

Dalam perancangan *smart bed* dengan serat optik metode *bending* sebagai sensor pernapasan alat dan bahan antara lain:

- Serat optik *singlemode*
- Alkohol 99%
- Sumber cahaya dengan panjang gelombang 1550 nm
- *Fusion Splicer* type-ZIC Sumitomo Electric
- *Optical power meter* Thorlabs PM-100D
- *Fiber cleaver*
- *Fiber stripper*



**Gambar 3.2. Rancang bangun sensor**

Pengambilan data dilakukan dengan mengacu pada persamaan (2)

$$\gamma = N < h^2 > \frac{a^4}{b^6 \Delta^3} \left( \frac{E}{E_f} \right)^{3/2}$$



Dimana ketika seseorang melakukan inspirasi terjadi pembukaan rongga dada disertai masuknya udara yang juga membuat punggung menekan ke bawah. Tekanan tersebut ditempatkan diatas makrobending, yang mempengaruhi modulus elastis serat optik, sehingga *loss* (daya) pada serat optik meningkat. Begitu juga sebaliknya ketika seseorang melakukan ekspirasi, maka *loss* (daya) akan berkurang dikarenakan ketika ekspirasi rongga dada terangkat ke atas yang menyebabkan tekanan berkurang.

Selain tekanan, berdasar pada persamaan (2), apabila jumlah lilitan ( $N$ ) ditingkatkan maka attenuasi juga akan meningkat.

4. Pengujian sensor untuk mendapatkan respon tekanan  
Dilakukan pengujian awal dengan beban yang sudah terukur.
5. Hasil Pengujian  
Setelah didapat hasil pengujian sensor terhadap tekanan dan pernapasan, maka di tentukan konfigurasi terbaik untuk dijadikan monitoring pernapasan.
6. Perbandingan hasil dengan oximeter  
Oximeter disini sebagai validasi dari sistem yang digunakan. Hasil yang diharapkan adalah trend diagram yang didapat antara hasil sensor dan oximeter berkesesuaian.
7. Pembahasan Hasil  
Pembahasan hasil penelitian dilakukan setelah mendapatkan data pengukuran yang diperlukan. Analisa pembahasan ini disesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini.
8. Kesimpulan  
Dari penelitian ini akan didapat kesimpulan yang menggambarkan hasil akhir dari penelitian.
9. Penyusunan Tugas Akhir

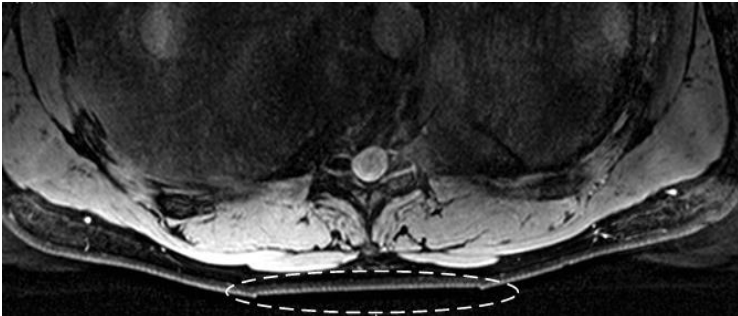
Setelah semua tahapan dalam metodologi selesai, kemudian disusunlah buku Tugas Akhir sesuai ketentuan.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan yang dilakukan terkait dengan beberapa aspek. Yang pertama yaitu mengenai lokasi sensor yang paling baik untuk mengukur perubahan besaran fisis berupa tekanan pada bagaian punggung ketika tubuh bernapas. Kemudian dilakukan percobaan variasi *bending* dengan variasi diameter 1 cm, 3 cm dan 5 cm, serta variasi sebanyak 1,3 dan 5 lilitan.

### 4.1. Posisi Sensor

Pada penelitian sebelumnya telah diketahui peletakkan daerah sensor. Namun untuk menyesuaikan dengan kondisi pada tugas akhir ini di tinjau lebih lanjut dimana daerah sensor yang paling baik mengacu pada penelitian sebelumnya, dimana peletakkan sensor berada pada daerah *toracal* seperti pada gambar 4.1.



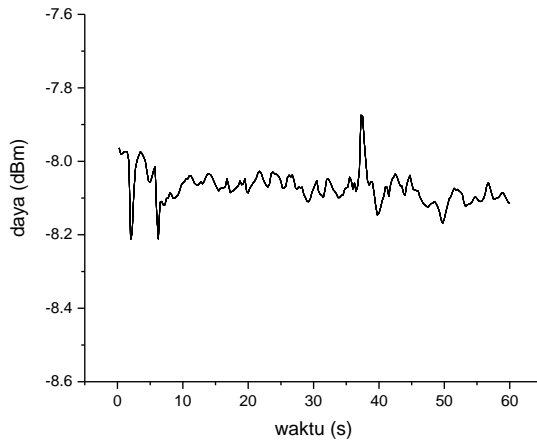
**Gambar 4. 1 Posisi sensor pada punggung**

Pengambilan data dilakukan pada 3 titik yaitu *toracal 2*, *toracal 3*, dan *toracal 4* seperti ditunjukkan pada gambar 4.2. Pada pengambilan data awal digunakan variasi *bending* dengan diameter 3 cm dan 5 lilitan mengacu pada penelitian sebelumnya (endarko) mengenai variasi makrobending. Data diambil selama

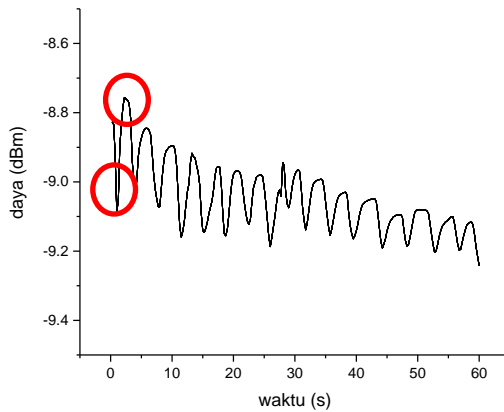
satu menit dimana didapat data sejumlah 240 data. Adapun hasil yang didapat ditampilkan pada grafik 4.3, 4.4, 4.5.

VERTEBRAL SUBLUXATION AND NERVE CHART			
"The nervous system controls and coordinates all organs and structures of the human body." (Gray's Anatomy, 29th Ed., page 4) Misalignment of spinal vertebrae and discs may cause irritation to the nervous system which could affect the structures, organs, and functions listed under "areas" and the "possible symptoms" that are associated with malfunctions of the areas noted.			
	Vertebrae	Areas & Parts of Body	Possible symptoms
CERVICAL SPINE	ATLAS		
	AXIS		
	C1	Blood supply to the head, pituitary gland, scalp; bones of the face, brain, inner and middle ear, sympathetic nervous system.	Headaches or neurovascular anemias or head colds High blood pressure or migraine headaches or nervous breakdowns or anemias or chronic tiredness or dizziness.
	C2	Eyes, optic nerves, auditory nerves, sinuses, mastoid bones, tongue, forehead.	Strain trouble or allergies or pain around the eyes Nausea or fainting spells or certain cases of blindness or crossed eyes or deafness.
	C3	Chloric, outer ear, face bones, teeth, infraorbital nerve.	Neuralgia or neuritis or acne or pimples or eczema.
	C4	Nose, lips, mouth, eustachian tube.	Hay fever or runny nose or hearing loss or adenoids.
	C5	Vocal cords, neck glands, pharynx.	Laryngitis or hoarseness or throat conditions such as sore throat or stentury.
THORACIC SPINE	C6	Neck muscles, shoulders, tonsils.	Stiff neck or pain in upper arm or tonsillitis Chronic cough or croup.
	C7	Thyroid gland, bursae in the shoulders, elbows.	Bursitis or colds or thyroid conditions.
	T1	Arms from the elbows down, including hands, wrists, and fingers, esophagus and trachea.	Asthma or cough or difficult breathing Shortness of breath or pain in lower arm and hands.
	T2	Heart, including its valves and covering, coronary arteries.	Functional heart conditions and certain heart conditions.
	T3	Lungs, bronchial tubes, pleura, chest, breast.	Bronchitis or pleurisy or pneumonia or congestion or influenza.
	T4	Gallbladder, common duct.	Gastrointestinal conditions or jaundice or shingles.
	T5	Liver, solar plexus, circulation (general).	Liver conditions or fevers or blood pressure problems Poor circulation or arthritis.
LUMBAR SPINE	T6	Stomach.	Stomach troubles including a nervous stomach Indigestion or heartburn or dyspepsia.
	T7	Pancreas, duodenum.	Ulcers or gastritis.
	T8	Spleen.	Lowered resistance.
	T9	Adrenal and suprarenal glands.	Allergies or fevers.
	T10	Kidneys.	Kidney troubles or hardening of the arteries Chronic tiredness or nephritis or pyelitis.
	T11	Kidneys, ureters.	Blair conditions such as acne or pimples or eczema Boils.
	T12	Small intestines, lymph circulation.	Rheumatism or gas pains or certain types of sterility.
LUMBAR SPINE	L1	Large intestines, inguinal rings.	Constipation or colitis or dysentery or diarrhea Some ruptures or hernias.
	L2	Appendix, abdomen, upper leg.	Changes or difficult breathing or minor varicose veins.
	L3	Sex organs, uterus, bladder, knees.	Bladder troubles or menstrual troubles such as painful or irregular periods or miscarriages or bed wetting or infertility A change of life symptoms or many knee pains.
SACRUM & COCCYX	L4	Prostate gland, muscles of the lower back, sciatic nerve.	Sciatica or lumbago or difficult, painful or too frequent urination or backaches.
	L5	Lower legs, ankles, feet.	Poor circulation in the legs or swollen ankles Weak ankles and ankles or cold feet Weakness in the legs or leg cramps.
SACRUM & COCCYX	SACRUM	Hip bones, buttocks.	Sacroiliac conditions or spinal curvatures.
	COCCYX	Rectum, anus.	Hemorrhoids (piles) or pruritus (itching) A pain at end of spine or sitting.

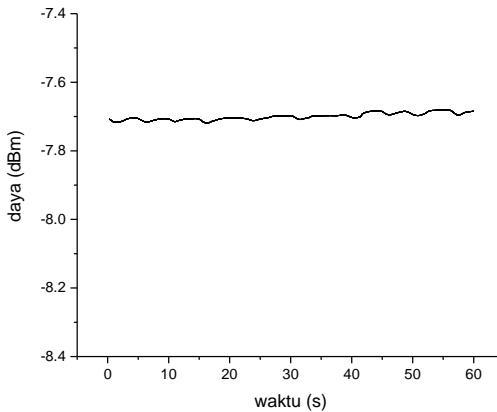
Gambar 4. 2 Titik toracal [26]



**Gambar 4. 3 Toracal 2**



**Gambar 4. 4 Toracal 3**



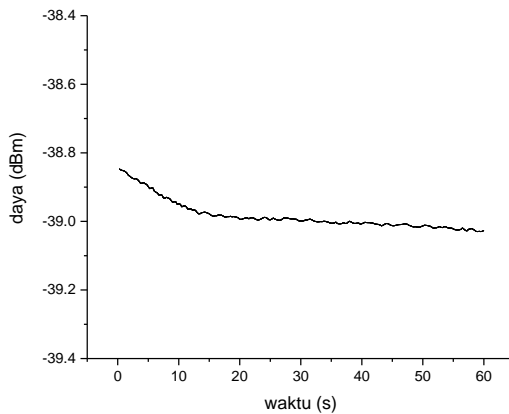
**Gambar 4. 5 Toracal 4**

Dari hasil diatas, pembacaan dilakukan dengan menghitung pola 1 puncak dan 1 lembah (lingkaran merah) untuk satu kali pernapasan. Laju pernapasan atau *Respiration Rate* adalah jumlah pernapasan dalam satu menit.

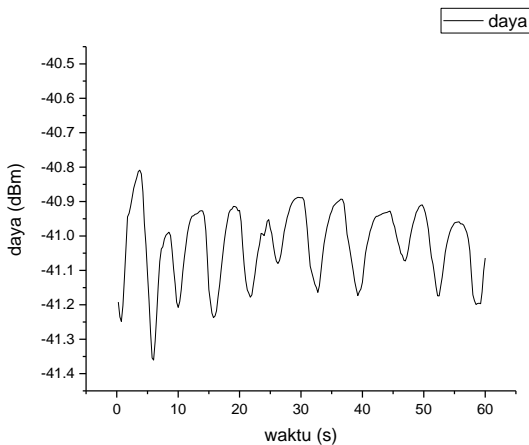
Pada toracal 3 mendapat hasil yang lebih bisa di dapat dibaca daripada toracal 2 dan 4. Toracal 3 dipilih karena bisa mewakili secara pembacaan karena perbedaan daya (watt) nya dapat terbaca dengan baik sesuai dengan refrensi penelitian sebelumnya serta bed monitoring yaitu alat yang umum digunakan pada saat ini untuk mengukur laju pernapasan.

#### **4.2. Variasi *Bending* dan Lilitan**

Hal yang selanjutnya dilakukan adalah percobaan dengan variasi *bending* dan diameter pada titik yang sudah ditentukan yaitu pada daerah toracal 3. Pengukuran dilakukan selama 1 menit, dilakukan dengan beban dan tanpa beban. Kondisi tanpa beban dimaksudkan sebagai refrensi data, sebagai kondisi awal dimana set up variasi tidak dikenai beban. Adapun data dengan variasi jumlah lilitan dan diameter *bending* adalah seperti berikut.



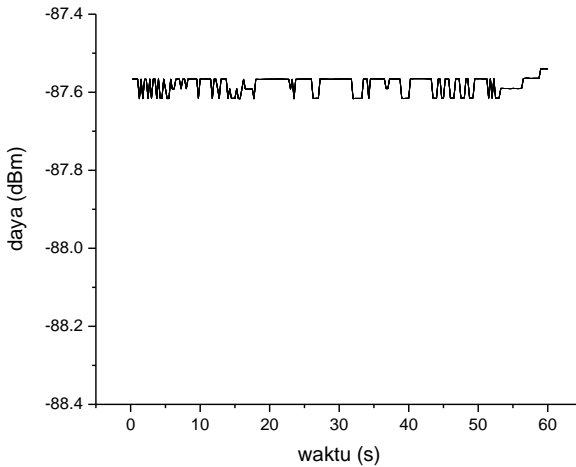
**Gambar 4. 6 Tanpa beban 1D1L**



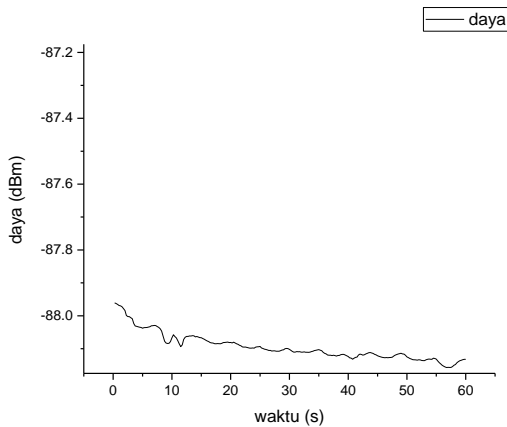
**Gambar 4. 7 Dengan beban 1D1L**

Grafik diatas merupakan grafik tanpa beban pada variasi diameter 1 cm 1 lilitan, dimana jika dibandingkan dengan grafik 4.7, dapat terlihat perbedaan antara dengan beban dan tanpa

beban yang cukup signifikan. Pada variasi dengan diameter 1 cm dan 1 lilitan terlihat pola pernapasan, yaitu ketika daya turun adalah ketika objek melakukan inspirasi dan daya naik kembali ketika melakukan ekspirasi



**Gambar 4. 8 Tanpa beban 1D3L**

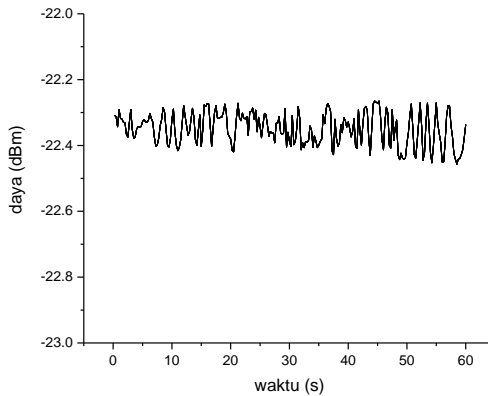


**Gambar 4. 9 Dengan beban 1D3L**

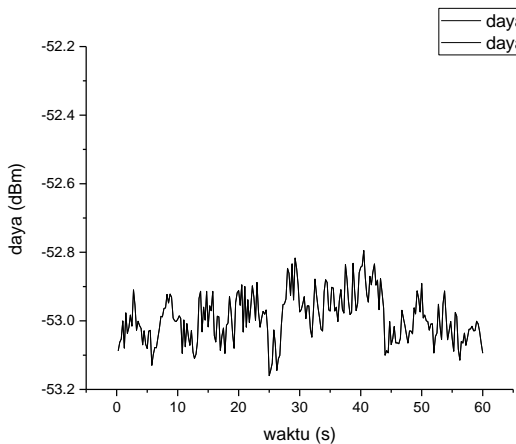


Pada kondisi variasi dengan diameter 1 cm dan 3 lilitan, data yang didapat kurang baik.

Pada variasi 5 lilitan dengan diameter 1 cm, daya yang terkirim melewati batas nol atau disebut daerah gelap. Pada variasi ini tidak terbaca.

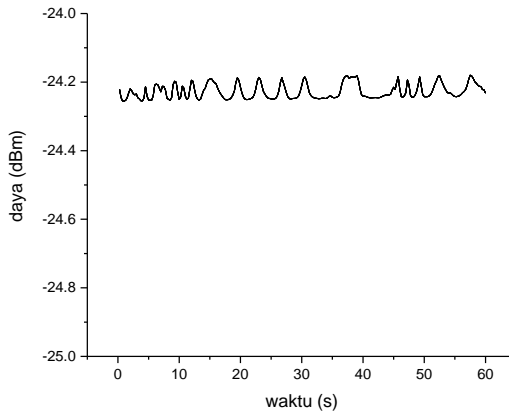


**Gambar 4. 10 Tanpa beban 3D1L**

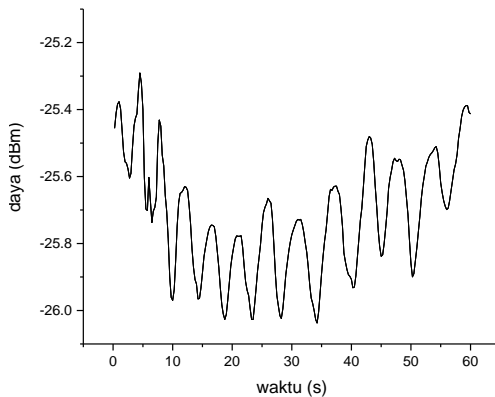


**Gambar 4. 11 Dengan Beban 3D1L**

Untuk variasi dengan diameter 3 cm dan 1 lilitan, terlihat perbedaan antara tanpa beban dan dengan menggunakan beban, namun masih kurang baik untuk pembacaannya.



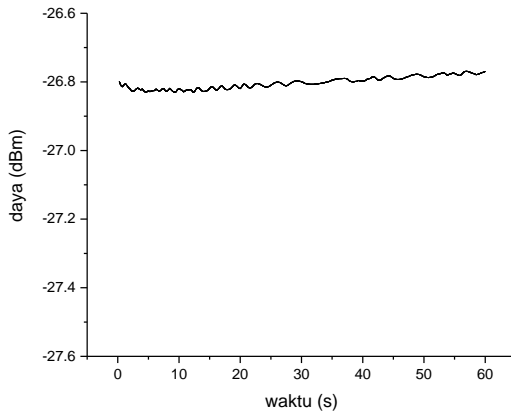
**Gambar 4. 12 Tanpa beban 3D3L**



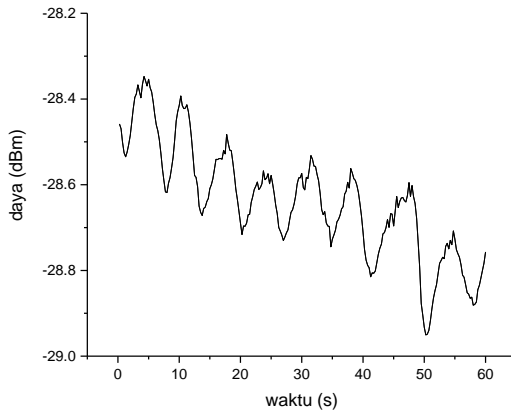
**Gambar 4. 13 Dengan beban 3D3L**

Untuk variasi dengan diameter 3 cm dan 3 lilitan dapat terbaca cukup baik perbedaan anatara dengan beban dan tanpa

beban. Untuk pembacaan dengan menggunakan beban terlihat pola pernafasan yang bisa terbaca. Terlihat dari *peak* bawah yang mengacu pada proses inspirasi dan kembali lagi keatas yang mengindikasikan proses ekspirasi.

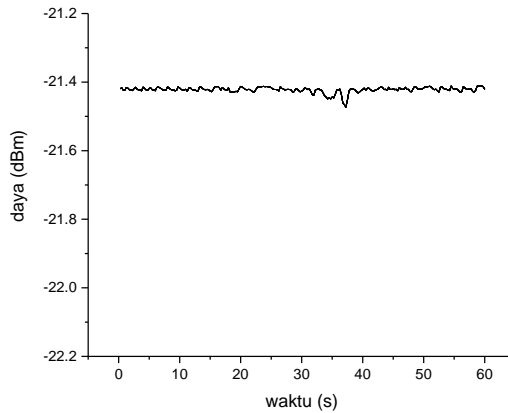


**Gambar 4. 14 Tanpa beban 3D5L**

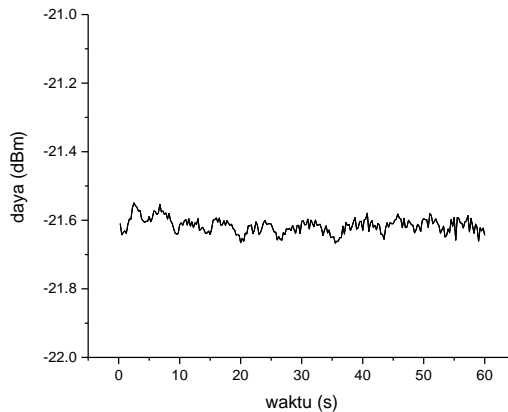


**Gambar 4. 15 Dengan beban 3D5L**

Hasil yang didapat pada makrobending dengan variasi diameter 3 cm dan 5 lilitan dapat dilihat pada gambar diatas, dimana data yang didapat dapat terbaca seperti halnya dengan diameter 3 cm dan 3 lilitan.

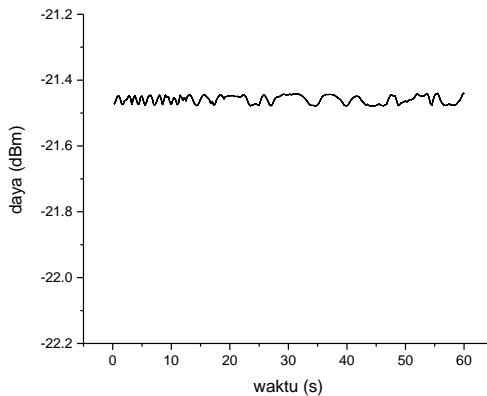


**Gambar 4. 16 Tanpa beban 5D1L**

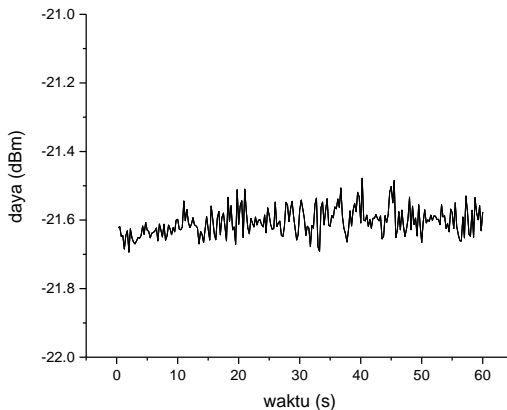


**Gambar 4. 17 Dengan beban 5D1L**

Untuk variasi dengan diameter 5 cm dan 1 lilitan, didapat hasil seperti terlihat pada gambar 4.18 dan 4.19. hasil yang didapat seperti yang terlihat kurang baik karena pola pernapasan yang tidak terbentuk.

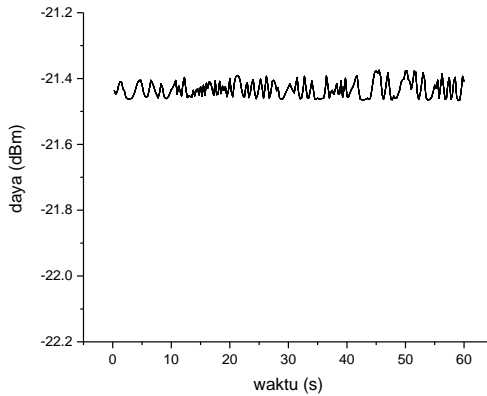


**Gambar 4. 18 Tanpa beban 5D3L**

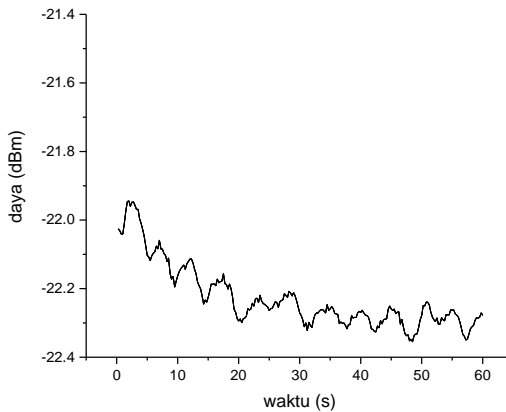


**Gambar 4. 19 Dengan beban 5D3L**

Pada variasi 5 cm dan 3 lilitan mendapatkan hampir yang juga tidak terbaca dengan baik seperti pada variasi 5 cm dan 1 lilitan.



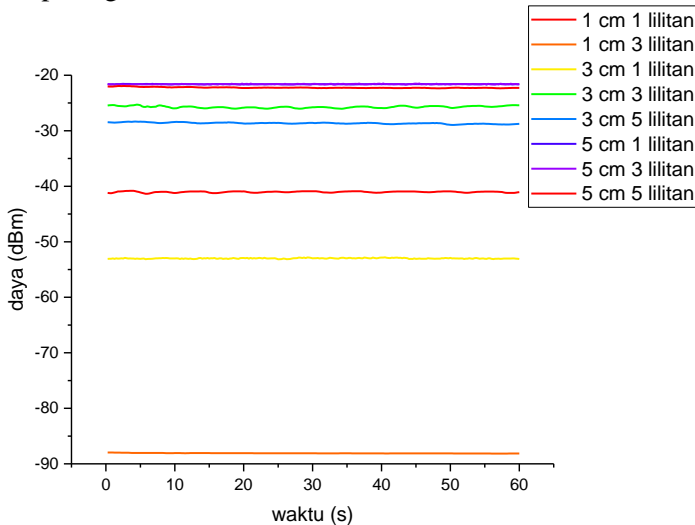
**Gambar 4. 20 Tanpa beban 5D5L**



**Gambar 4. 21 Dengan beban 5D5L**

Untuk beban bernafas dengan variasi *bending* berdiameter 5 cm dan 5 lilitan, didapatkan hasil yang baik, dimana data pernapasan dapat dibaca.

Secara keseluruhan hasil yang didapatkan berdasar tingkat daya yang diterima oleh receiver (*thorlabs pm100*) terjadi penurunan daya ketika lilitan di tingkatkan jumlahnya dapat dilihat pada grafik 4.22.



**Gambar 4. 22 Perbandingan daya pada variasi serat optik**

### 4.3. Hasil Bed Monitoring

Pada penelitian ini perlu ditinjau alat ukur lain yang secara penggunaan maupun fungsi sudah memiliki standar yang diakui. Adapun alat ukur yang digunakan sebagai pembandingan adalah bed monitor dengan tipe **Philips mx 400**.

Fokus tinjauan adalah pada bentuk pola pernapasan dan jumlah pernapasan dalam satu menit pada orang normal. Hasil di tunjukan pada gambar 4.23.



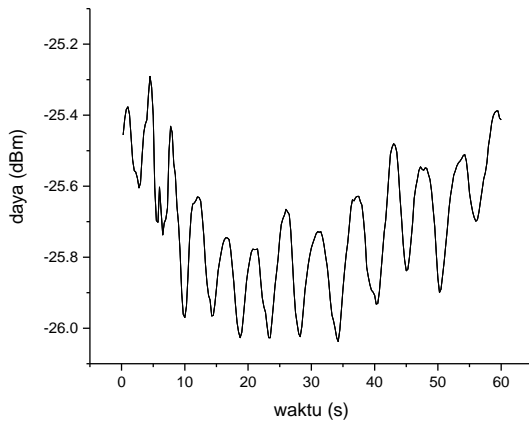
**Gambar 4. 23 Pengambilan data bed monitoring pernapasan normal**

Hasil laju pernapasan diwakili oleh angka 13 pada gambar yang termasuk dalam kategori normal untuk pernapasan orang dewasa. Hasil tersebut juga sesuai dengan hasil yang didapat dari percobaan.

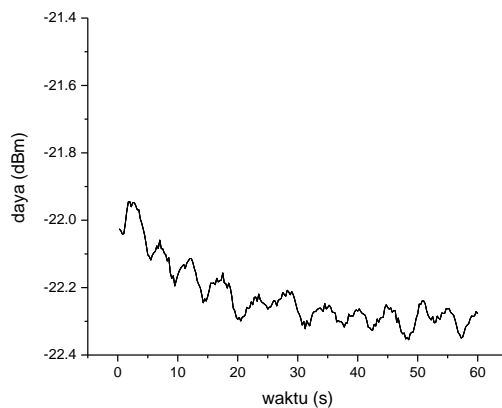
#### **4.4. Pembahasan**

Dari Hasil yang didapatkan, telah dilakukan pengolahan data pada variasi yang dianggap paling baik, variasi 3 cm 3 lilitan dan 5 cm 5 lilitan dimana pada variasi tersebut data dapat terbaca dengan baik antara titik puncak dan lembahnya.





**Gambar 4. 24** hasil olah variasi 3 cm 3 lilitan



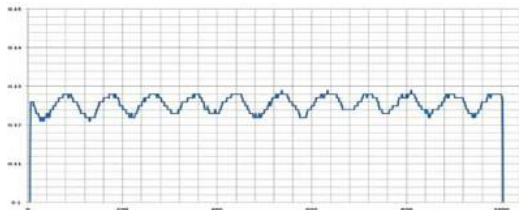
**Gambar 4. 25** hasil olah variasi 5 cm 5 lilitan

Pada hasil tersebut menghasilkan jumlah puncak lembah sebanyak 13. Hal ini telah berkesesuaian dengan kondisi

pernapasan normal pada manusia dewasa. Pembacaan pada sistem yang dibangun memakai *range 1 dbm* namun tidak memberikan batasan untuk besarnya. Hal ini dikarenakan berat masing masing orang yang berbeda, mengacu bahwa sensor makrobending serat optik membaca tekanan yang diberikan dari dada. Jadi data yang terbaca pada sistem yang dibangun adalah perbedaan daya, sehingga tercipta pola pernapasan yaitu satu puncak dan satu lembah.

Pada kondisi tanpa beban pun terlihat perbedaan yang berarti. Begitu pula pada kondisi dengan beban diam tanpa bernapas. Pada kondisi tersebut data tidak dapat terbaca dengan jelas karena tidak ada perbedaan daya yang membentuk pola pernapasan.

Hasil yang didapat juga telah sesuai dengan penelitian terdahulu mengenai standar pernapasan normal untuk orang dewasa yaitu antara 10-20 kali permenit. Hasil yang didapatkan juga sesuai dengan hasil dari alat ukur bed monitoring, dimana diharapkan bisa menjadi validasi dari sistem yang telah dibangun. Pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan FBG didapat hasil yang serupa seperti terlihat pada gambar 4.26.



**Gambar 4. 26 Hasil sensor pernapasan FBG [9]**

Penelitian ini telah berhasil mengetahui, bahwasannya dengan menggunakan metode makrobending pada serat optik *singlemode* dapat juga digunakan untuk sensor pernapasan yang sederhana dan *non intrusive*. Diharapkan kedepan ada penelitian lain yang bisa memperbaiki sistem monitoring ini menjadi lebih baik.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Penelitian mengenai rancang bangun sensor monitoring dimana penekanan lebih lanjut adalah pada sistem yang terbangun. Adapun kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. Sensor monitoring pernapasan dengan sensor serat optik *singlemode* telah dapat dibangun dengan konfigurasi sensor terbaik adalah 3 lilitan dengan diameter 3 cm. Hasil tersebut berdasar dari pola grafik pernapasan yang terbentuk dengan *range* amplitude sebesar 1 dBm dan *range* frekuensi sebanyak 12-20 kali dalam 1 menit.
2. Kinerja sensor monitoring pernapasan pada penelitian ini telah mencapai hasil yang diinginkan, dimana grafik pola pernapasan yang didapatkan telah sesuai dengan penelitian sebelumnya dan juga hasil dari alat validasi bed monitoring Philips mx-400. Kesesuaian grafik pola pernapasan ditinjau pada aspek amplitude dan frekuensi.

#### **5.2. Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan terdapat hal-hal yang diharapkan bisa memperbaiki kinerja ataupun proses dari sistem monitoring pernapasan yang telah dibangun.

1. Perlu adanya pengembangan *human interface*.
2. Dengan adanya penelitian ini diharapkan ada penelitian selanjutnya mengenai variasi yang lebih terkait sensor pernapasan dengan menggunakan serat optik dengan metode makrobending.

Halaman sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jelsma J, Jordan S Kyriacos U, "Monitoring vital signs using early warning scoring systems: a review of the literature," *J Nurs Manag*, vol. 19, no. 3, pp. 311-30, 2011.
- [2] Coventry A Elliott M, "Critical care: the eight vital signs of patient monitoring," *Br J Nurs*, vol. 21, no. 10, pp. 621-5, 2012.
- [3] Rinaldo Bellomo, Hillman Ken , Chen Jack , Finfer Simon , and flab Arthas , "Respiratory Rate: The Neglected Vital Sign," *MJA*, 2008.
- [4] Malcolm Elliott, "Why is Respiratory Rate the Neglected Vital Sign? A Narrative Review," *Elliott. Int Arch Nurs Health Care*, vol. 2, no. 3, pp. 2:050, 2016.
- [5] Mandy Odell, "Are early Warning Scores The Only Way to Rapidly Detect and Manage Deterioration?," Birmingham, 2010.
- [6] John Mackay, Nahla Farid Ian Smith, "Respiratory Rate Measurement: A Comparison of Methods," *British Journal of Healthcare Assitants*, p. 18, 2011.
- [7] Paul B. Ruffin, Francis T.S Yu Shizhuo Yin, *Fiber Optic Sensors*. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- [8] Michel Schmid, Rene M. Rossi, Lacianno F. Boesel, Gian-Luca Bona, Lukas J. Scherer Marek Krehel, "An Optical Fibre-Based Sensor for Respiratory Monitoring," *ISSN 1424-8220*, pp. 13088-13101, July 2014.
- [9] Jianzhong Hao, Maniyeri Jayachandran, Aung Aung Phyto Wai, and Zhaohui Cai, "FBG-based smart bed system for

- healthcare applications," *Frontiers of Optoelectronics in China*, vol. 3, no. 1, pp. 78-83, 2010.
- [10] Esrat Jahan, Barua Tilottoma, and Umme Salma, "AN OVERVIEW ON HEART RATE MONITORING AND PULSE OXIMETER SYSTEM," *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, vol. 3, no. 5, pp. 148-152, 2014.
- [11] Skibniewski FW, Krej M, Lewandowski J, Dziuda L, "Monitoring respiration and cardiac activity using fiber Bragg grating based sensor," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 59, no. 7, pp. 1934-1942, 2012.
- [12] Marco Ciocchetti et al., "Smart Textile Based on Fiber Bragg Grating Sensors for Respiratory Monitoring: Design and Preliminary Trials," *Biosensors*, vol. 5, pp. 602-615, 2015.
- [13] Julien De Jonckheere, Mathieu Jeanne, Damien Kinet, and Regis Logier, "Medical Textiles With Embedded Fiber Optic Sensors for Monitoring of Respiratory," *IEEE Sensors Journal*, vol. 12, no. 1, 2012.
- [14] Andi Soetiono and Dwi Hanto, "DESAIN SENSOR BEBAN KENDARAAN MENGGUNAKAN TEKNIK MIKROBENDING SERAT OPTIK," *Seminar Nasional Fisika*, 2012.
- [15] Jhon A. Jay, "An Overview of Macrobending and Microbending of Optical Fiber," *WP1212*, 2010.
- [16] Peter G Tuteur, "CHEST EXAMINATION," in *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations. 3rd edition.*: Walker HK, Hall WD, Hurst JW,

editors, 1990.

- [17] Melania Suweni Muntini, Agus Muhamad Hatta Wayan Suana, "Pengembangan Sensor Napas Berbasis Serat Optik Plastik dengan Cladding Terkelupas untuk Aplikasi di Bidang Medis," *Fisika dan Aplikasinya*, pp. 1-5, 2012.
- [18] Joseph V. Stewart, *Vital Signs and Resuscitation*. GEORGETOWN, TEXAS, USA: Landes Bioscience, 2003.
- [19] Kyoung Won Jang, Jeong Ki Seo, Ji Yeon Heo, Jin Soo Moon, Bongsoo Lee, Jang-Yeon Park Wook Jae Yoo, "Development of Nasal-cavity and Abdomen-attached Fiber-optic Respiration Sensors," *Korean Physical Society*, vol. 57, p. 1550, Desember 2010.
- [20] Shizo Muto Masuyaki Morisawa, "A Novel Breathing Condition Sensor Using Plastic Optical Fiber," *IEEE*, p. 1277, Februari 2004.
- [21] Brian J. Thompson Daniel Malacara, *Handbook of Optical Engineering*. New York: Marcek Dekker, Inc., 2001.
- [22] Malvin Carl Teich Bahaa E. A. Saleh, *Fundamental of Photonics*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [23] john P. Bentley, *Principles of Measurement Systems 4th Edition*. London: Prentice Hall, 2005.
- [24] Endarko Henry Prasetyo, "Analisa Rugi Daya Makrobending Serat Optik Moda Tunggal Terhadap Pengaruh Pembebanan Dengan Variasi Jumlah Lilitan Pada Diameter 3 cm," *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS* , vol. Vol. 2, no. 1, pp. 1-4, 2013.

- [25] S.J. Cala et al., "Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis," *J. Appl. Physiol.*, pp. 2680–2689., 1996.
- [26] Henry Gray, *Gray's Anatomy* , 29th ed.: LEA & FEBIGER, 1976.
- [27] G. Rajan, Y. Semenova, and G. Farrell, A. M. Hatta, "A SMS fiber structure for temperature measurement using a simple intensity based interrogation system," *Electron. Lett.*, vol. 45, pp. 1069-1071, 2009.