



**RANCANG BANGUN  
SISTEM MONITORING PERNAPASAN  
BERBASIS SERAT OPTIK SINGLEMODE-MULTIMODE-SINGLEMODE  
(SMS)**

**Oleh:**

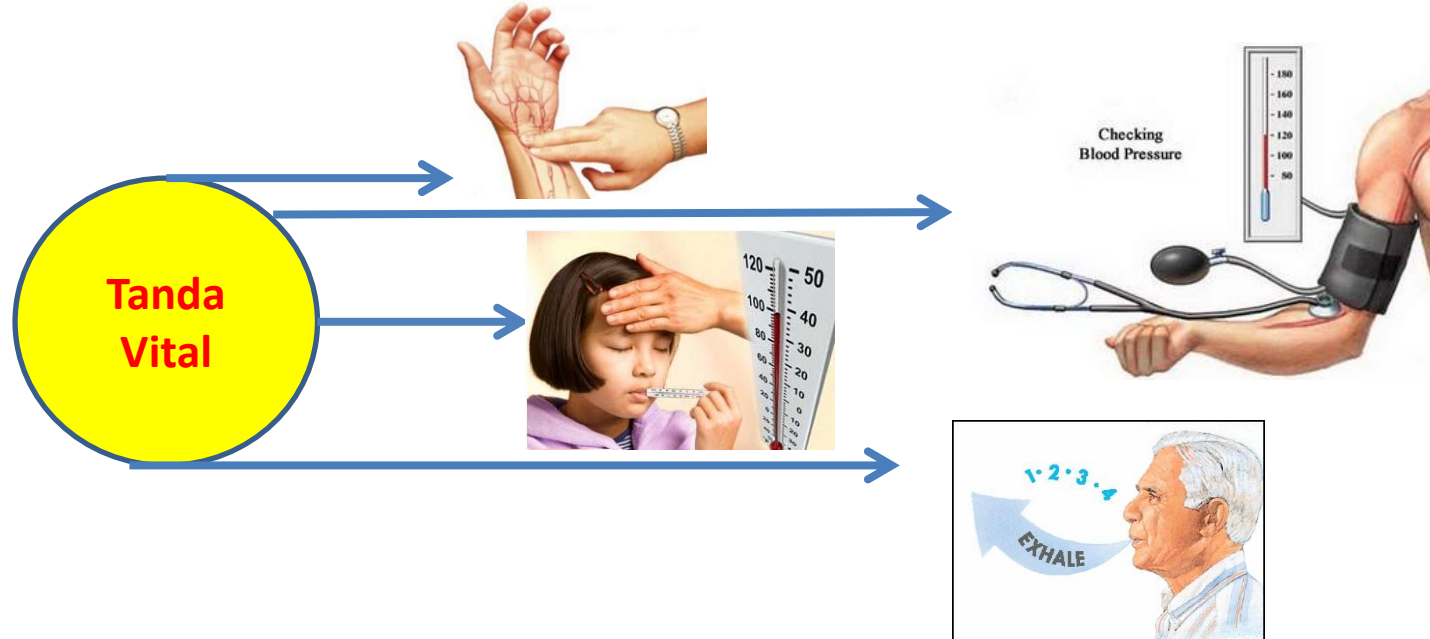
**Sanif Syafrani (2412100053)**

**Dosen Pembimbing:**

**Agus Muhamad Hatta ST, M.Si, Ph.D**

**Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc**

# Latar Belakang



Penelitian Michelle A Cretikos dkk, "Respiratory Rate: The Neglected Vital Sign," *MJA*, pp. 657-659, 2008.

**“Tingkat pernapasan merupakan salah satu dari tanda vital yang digunakan untuk memantau keadaan pasien setiap hari selain denyut nadi, tekanan darah, dan suhu”**

# Seberapa penting monitoring tingkat pernapasan?

Penelitian George Yuan dkk (2013)

“ ketidaknormalan pola pernapasan manusia dapat mengindikasikan luka pada pusat pernapasan, menurunnya metabolisme tubuh, narkotika, dan melemahnya otot-otot dalam sistem respirasi”

Average resting respiratory rates by age:<sup>13,14</sup>

- Birth to 6 weeks: 30-60 breaths per minute
- 6 months: 25-40 breaths per minute
- 3 years: 20-30 breaths per minute
- 6 years: 18-25 breaths per minute
- 10 years: 15-20 breaths per minute
- Adults: 12-20 breaths per minute



# Alat Ukur Pernapasan

## Konvensional



respiR8



Capnograph



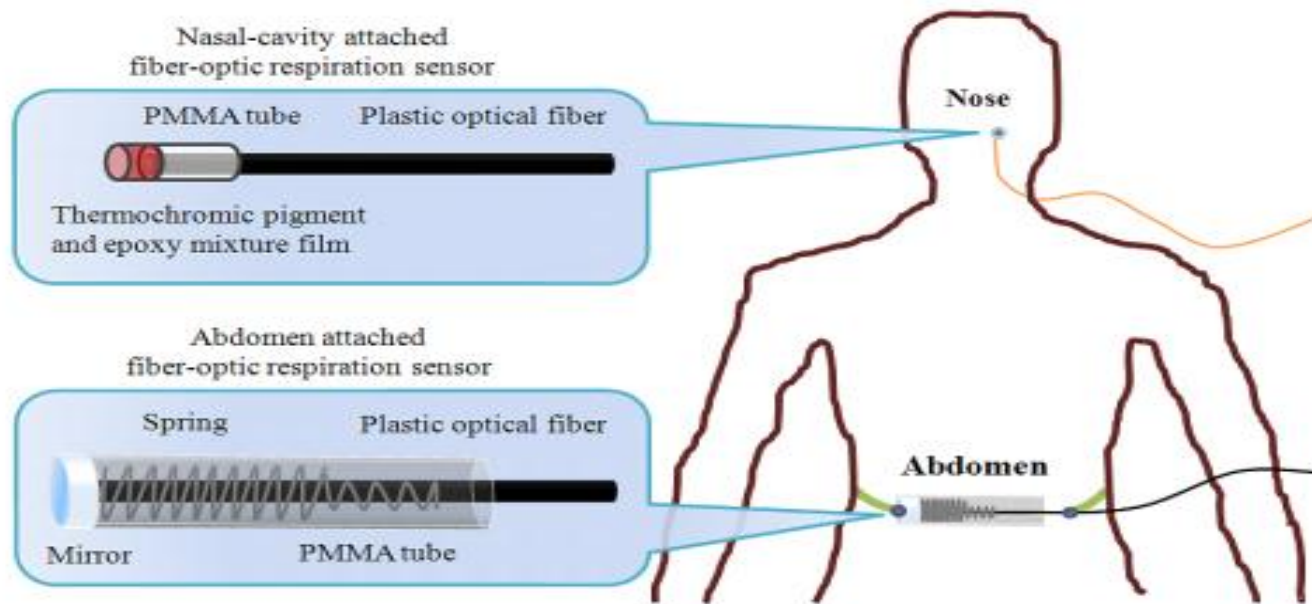
RMP  
(Respiration  
Monitor Belt)

# Pengembangan Sensor Napas Berbasis Serat Optik

2010

## Development of Respiration Sensors Using Plastic Optical Fiber for Respiratory Monitoring Inside MRI System

Wook Jae Yoo, Kyoung Won Jang, Jeong Ki Seo, Ji Yeon Heo, Jin Soo Moon, Jang-Yeon Park, and Bongsoo Lee\*



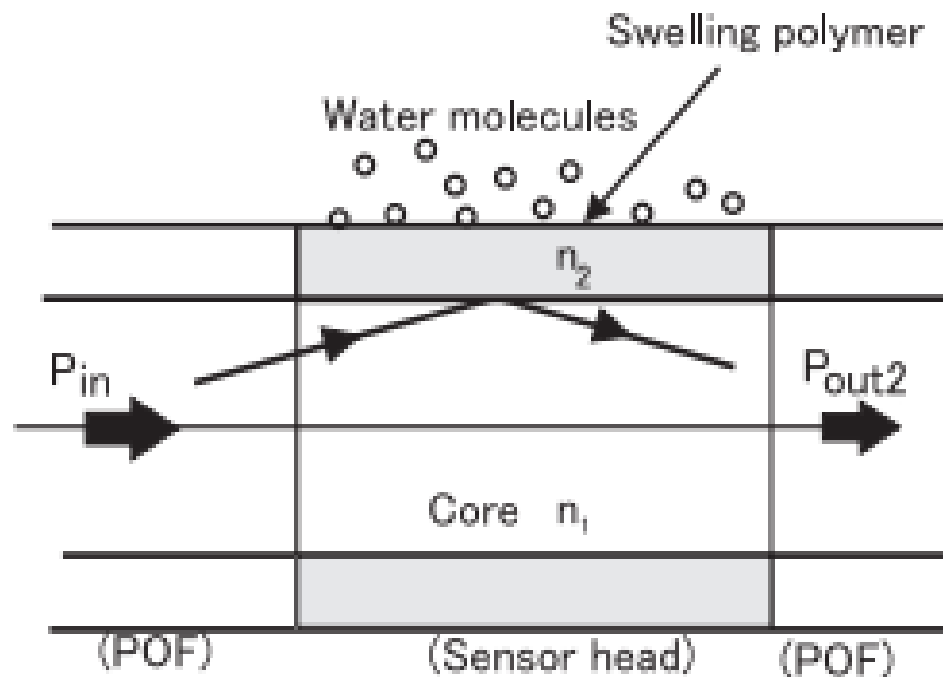
# Pengembangan Sensor Napas Berbasis Serat Optik

Tahun 2004

## A Novel Breathing Condition Sensor Using Plastic Optical Fiber

Masayuki Morisawa

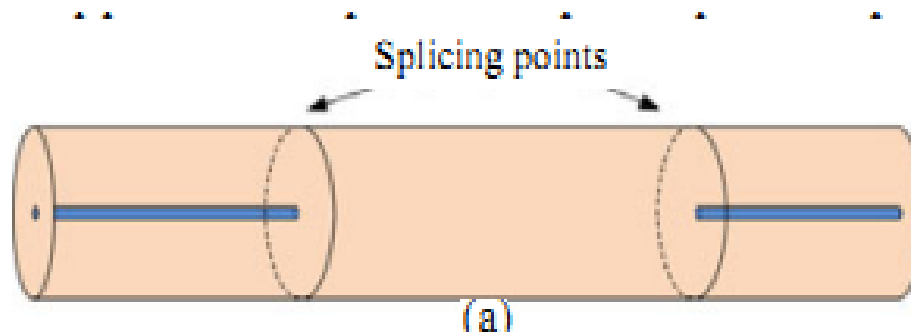
Shinzo Muto



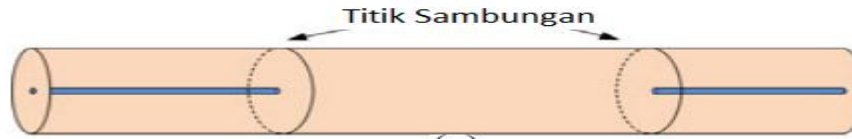
# Mengapa Menggunakan SMS ?

## 2014 Multimode Interference Refractive Index Sensor Based on Coreless Fiber

Yang LI\*, Zhibo LIU, and Shuisheng JIAN

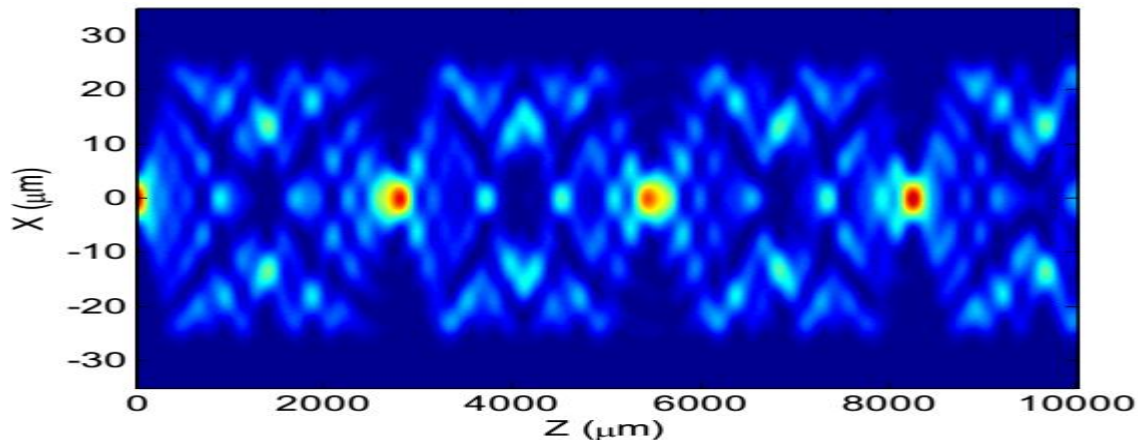


# SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode)



## MMI (*Multimode Interference*)

Fenomena terbentuknya self imaging yang didefinisikan sebagai perulangan profil medan elektrik input karena interferensi konstruktif secara berkala sepanjang arah propagasi multimode

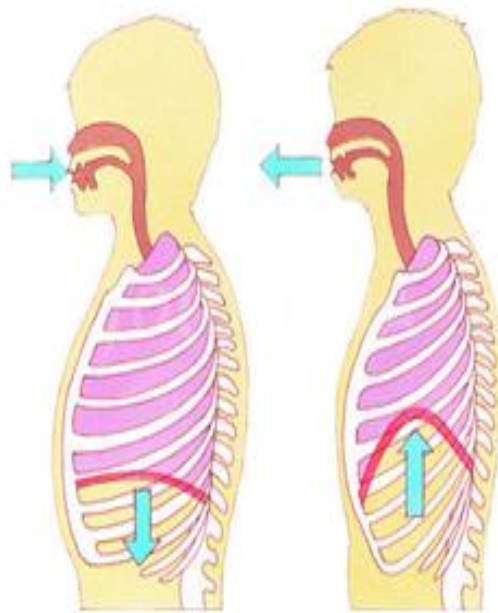




# Pernapasan & Perubahan Parameter Fisisnya

## Suhu:

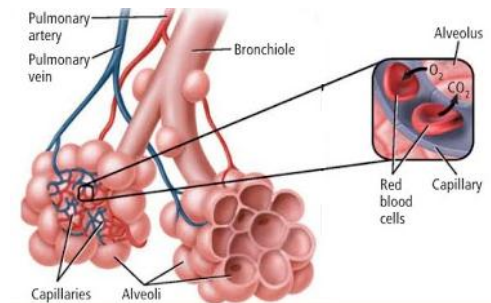
Udara ekspirasi akan lebih hangat dibandingkan dengan inspirasi



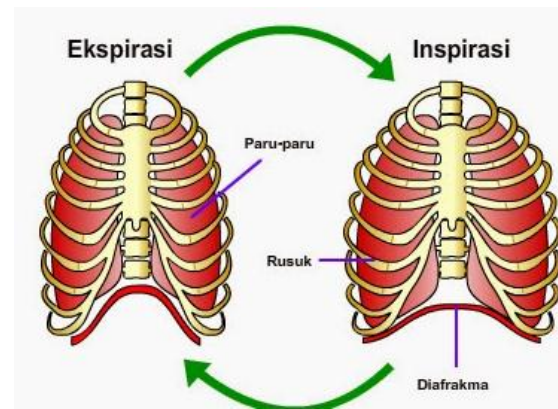
Inspirasi

Ekspirasi

## Kelembaban



## Tekanan:



# TEORI

## PERSAMAAN INDEKS BIAS “EDLEN”

$$(n - 1) \times 10^8 = \left[ 8342,13 + \frac{2406030}{(130 - \sigma^2)} + \frac{15997}{(38,9 - \sigma^2)} \right] \times \left( \frac{P}{720,775} \right) \left[ \frac{1 + P(0,817 - 0,01337) \times 10^{-6}}{1 + 0,00366107} \right] - f[5,722 - 0,0457\sigma^2]$$

## HUBUNGAN INDEKS BIAS DENGAN DAYA OUTPUT SMS

$$P_{\text{out}}(L) = 10 \lg \left( \left| \sum_{n=1}^N \eta_n^2 \exp(j\beta_n L) \right|^2 \right)$$

$$V = k_0 a_M \sqrt{n_{\text{core}}^2 - n_{\text{clad}}^2}$$

$$\beta_n = k_0 n_{\text{eff}}^{(n)}$$

$\eta_n^2$  Koefisien eksitasi

## **Rumusan Masalah:**

- 1. Bagaimana membuat sensor pernapasan menggunakan serat optik jenis SMS?**
- 2. Bagaimana kinerja sistem monitoring untuk memantau pernapasan?**

## **Tujuan:**

**Membuat rancang bangun sistem monitoring pernapasan menggunakan sensor serat optik jenis SMS berdasarkan perubahan parameter fisis pada pernapasan.**

## **Batasan Masalah**

**Adapun batasan masalah yang terdapat didalam penelitian ini adalah:**

- 1. Pernapasan yang dideteksi adalah pola pernapasan manusia yang terdiri dari proses menghirup (inspirasi) dan proses menghembuskan udara (ekspirasi).**
- 2. Perubahan parameter fisis yang ditinjau pada penelitian ini adalah suhu, tekanan dan kelembaban dari proses pernapasan.**

# METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan sensor dengan tiga variasi panjang *multimode*

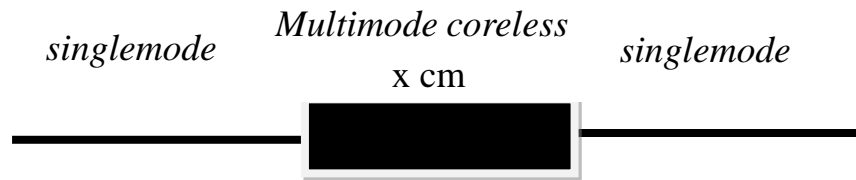
Pengujian sensor Terhadap pengaruh suhu, kelembaban, dan tekanan dinamik udara pernapasan

Pembuatan sistem monitoring

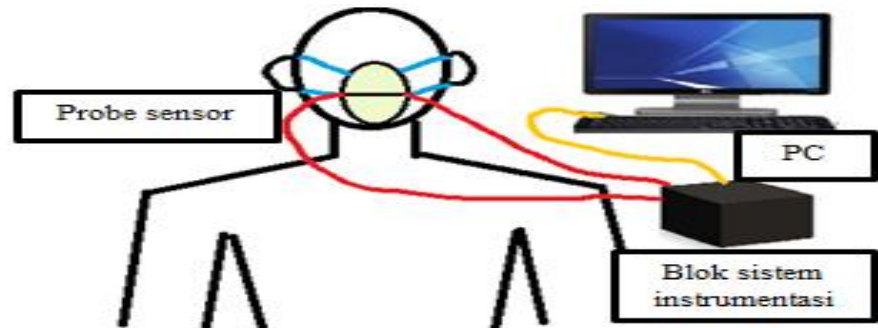
Pengujian Sensor terhadap udara pernapasan secara langsung

Hasil dan pembahasan

Singlemode	Multimode	Laser
<ul style="list-style-type: none"><li>- Indek bias inti: 1,4504</li><li>- Indek bias kulit: 1,4457</li><li>- Diameter inti: 4,15 <math>\mu\text{m}</math></li><li>- Diameter kulit: 62,5 <math>\mu\text{m}</math></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Coreless</li><li>- Step indeks</li><li>- Diameter 125 <math>\mu\text{m}</math></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 1550 nm</li></ul>



SENSOR 1 = 17,5 mm  
SENSOR 2 = 22,3 mm  
SENSOR 3 = 37,25 mm



## PEMBUATAN SENSOR

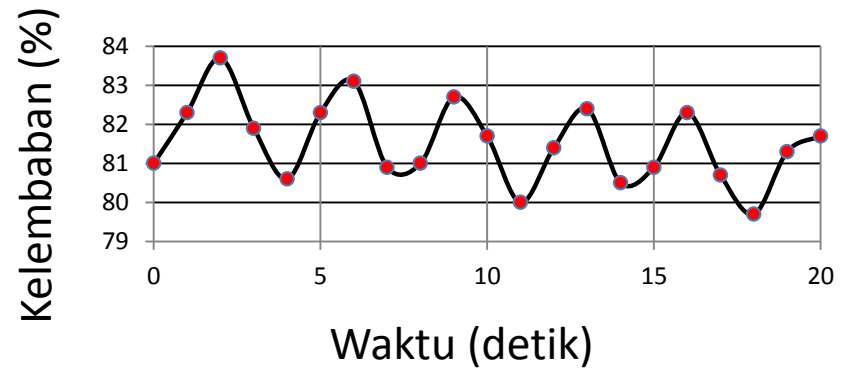
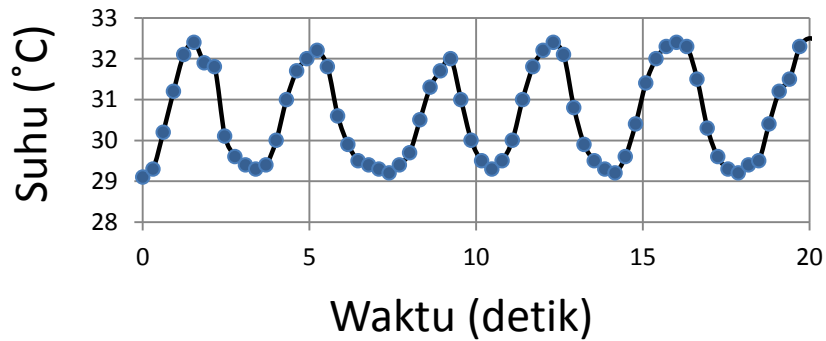


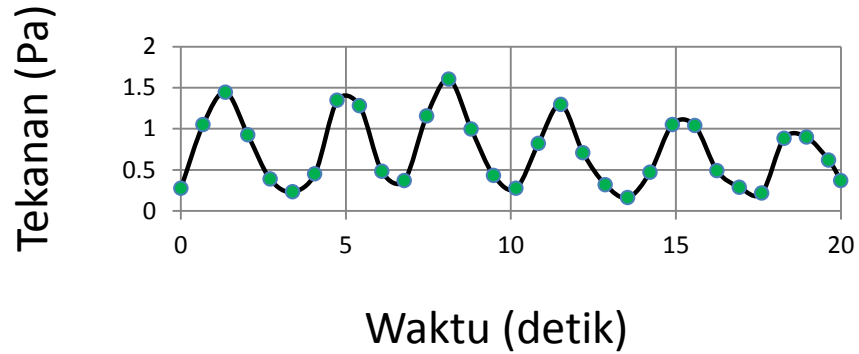
Probe Sensor



Setup sensor dengan masker

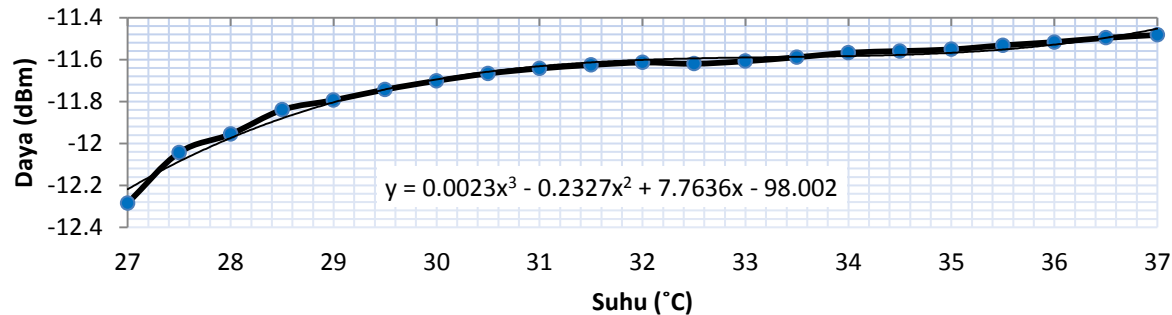
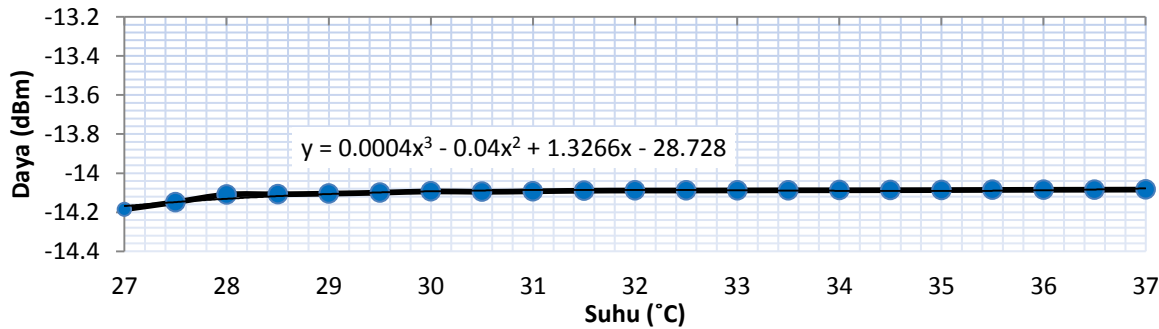
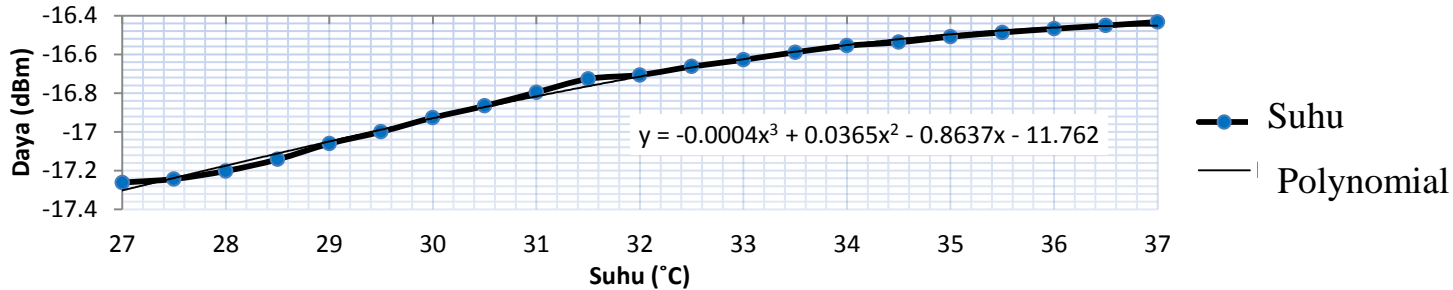
## KARAKTERISASI UDARA PERNAPSAN





Parameter:	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Tekanan dinamik (Pa)
Range:	29.1-32.5	79.7-83.7	0.16-1.6

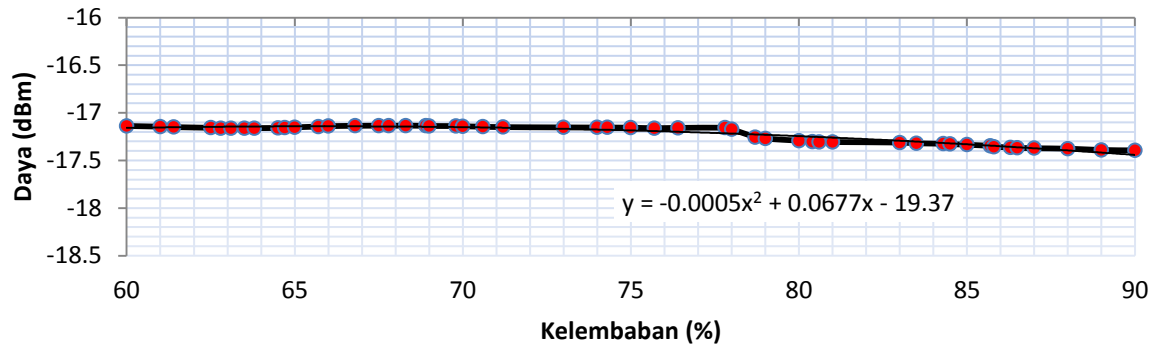
# Pengujian Sensor Terhadap Pengaruh Suhu, Kelembaban, dan Tekanana Dinamik



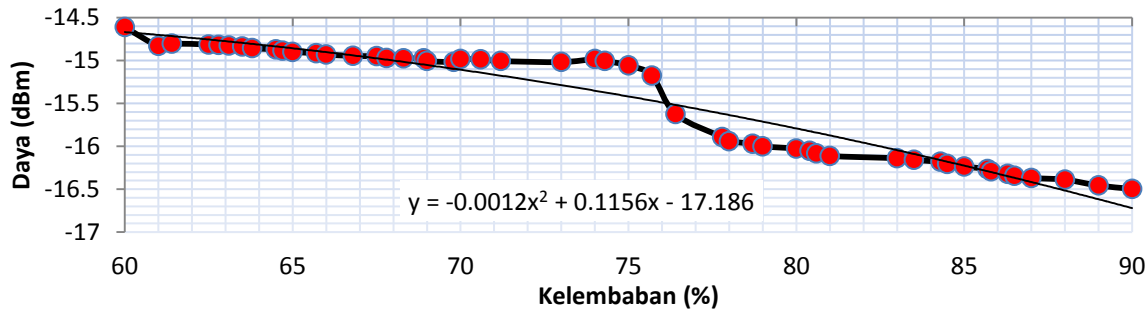
Sensitivitas masing-masing Sensor pada suhu 29,1 °C – 32,5 °C

Sensor	Sensitivitas (dBm/ °C)
Sensor 1	0,245
Sensor 2	0,002
Sensor 3	0,018

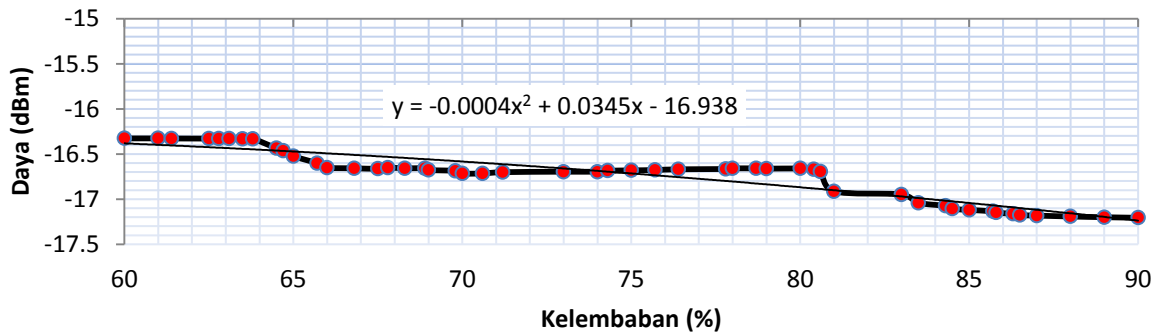




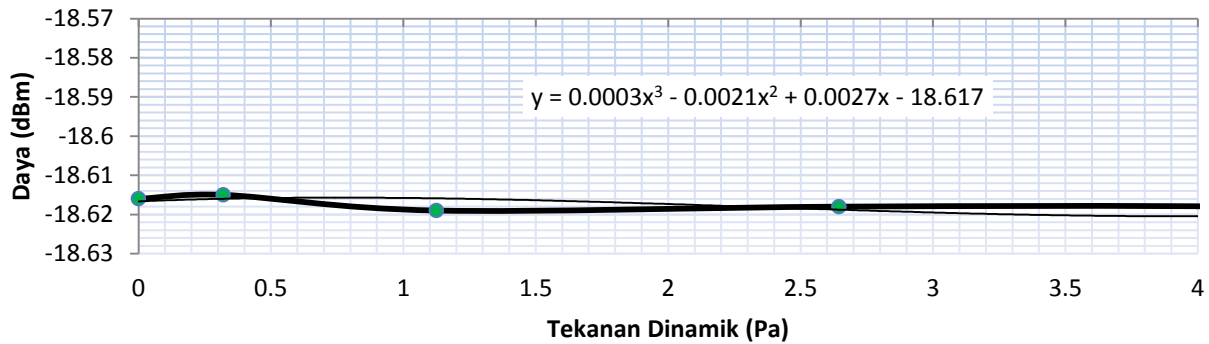
● Kelembaban  
— Polynomial



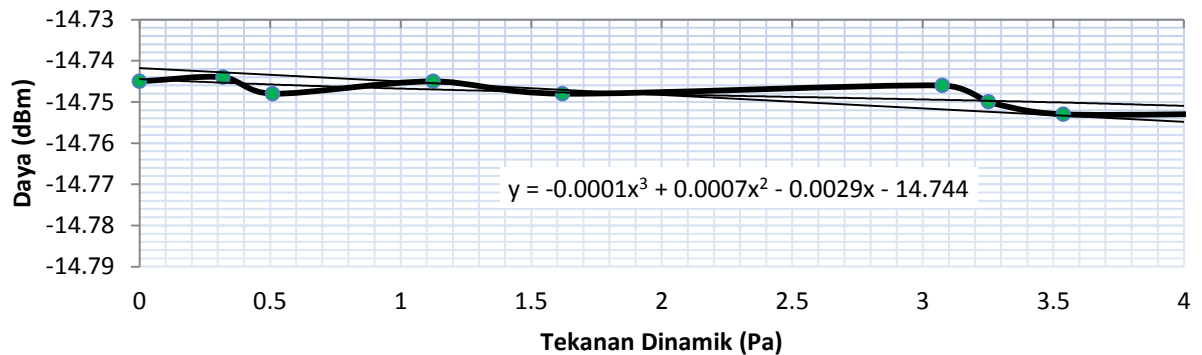
Sensitivitas masing-masing  
Sensor pada kelembaban 79,7%  
= 83,7%



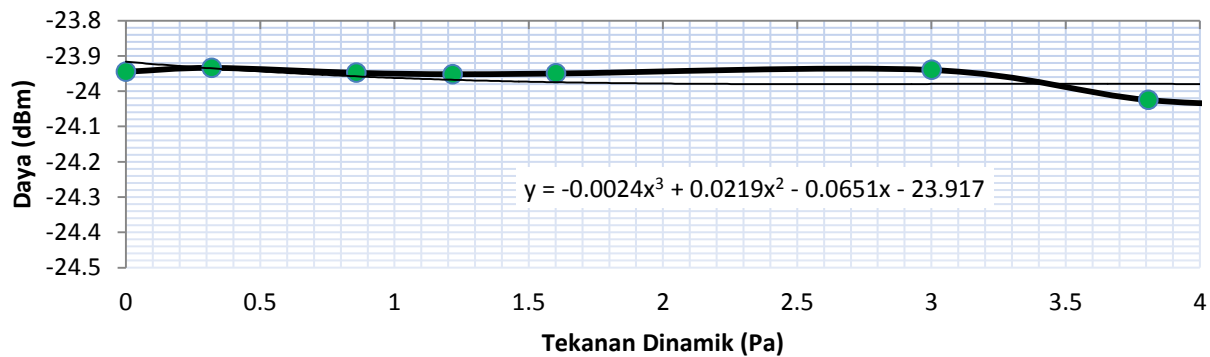
Sensor	Sensitivitas (dBm/ %)
Sensor 1	0,014
Sensor 2	0,08
Sensor 3	0,03



● Tekanan Dinamik  
— Polynomial



Sensitivitas masing-masing Sensor pada tekanan dinamik 0,16 Pa – 1,6 Pa

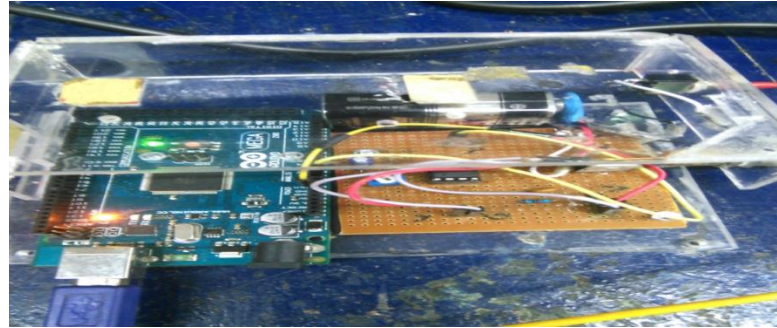


Sensor	Sensitivitas (dBm/ Pa)
Sensor 1	0,0014
Sensor 2	0,0015
Sensor 3	0,0012

# Sistem Monitoring



Setup Sistem Monitoring



Detektor

## Monitoring Pernapasan

instr name

Waveform Chart Plot 0

Tegangan (V)

Waktu (detik)

2.229 V

Tanggal	Waktu	Tegangan
5/30/201	3:11 AM	2.405
5/30/201	3:11 AM	2.400
5/30/201	3:11 AM	2.400
5/30/201	3:11 AM	2.390
5/30/201	3:11 AM	2.385
5/30/201	3:11 AM	2.370
5/30/201	3:11 AM	2.361
5/30/201	3:11 AM	2.346
5/30/201	3:11 AM	2.331
5/30/201	3:11 AM	2.317
5/30/201	3:11 AM	2.302
5/30/201	3:11 AM	2.287
5/30/201	3:11 AM	2.273
5/30/201	3:11 AM	2.258
5/30/201	3:11 AM	2.253
5/30/201	3:11 AM	2.243
5/30/201	3:11 AM	2.239
5/30/201	3:11 AM	2.229
5/30/201	3:11 AM	2.229

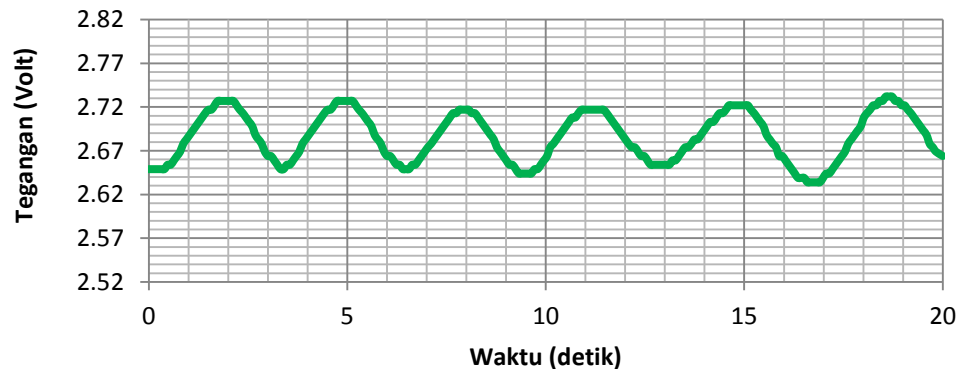
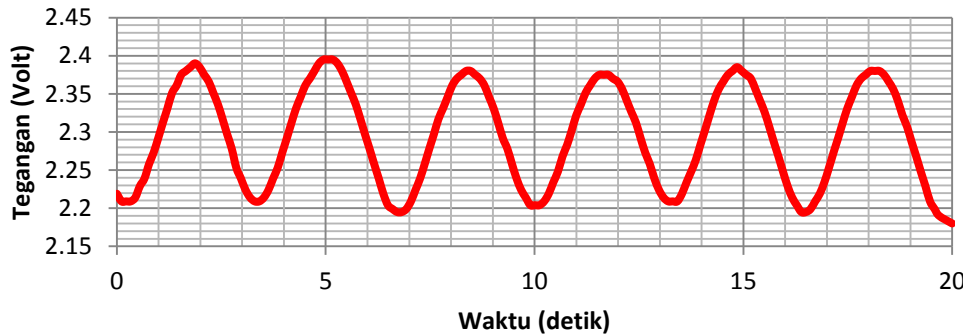
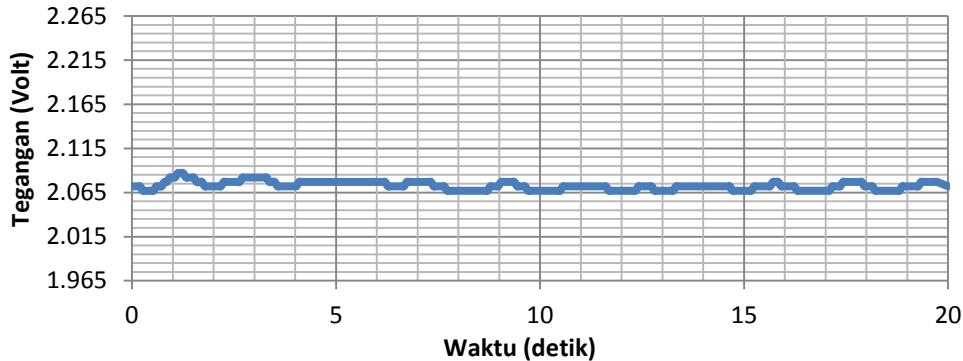
START PAUSE/PLAY STOP

file path (dialog if empty)  
C:\Users\Sanif\Documents\biasa.csv

SAVE

Supported By:

# Pengujian Sensor Terhadap Udara Pernapasan Secara Langsung

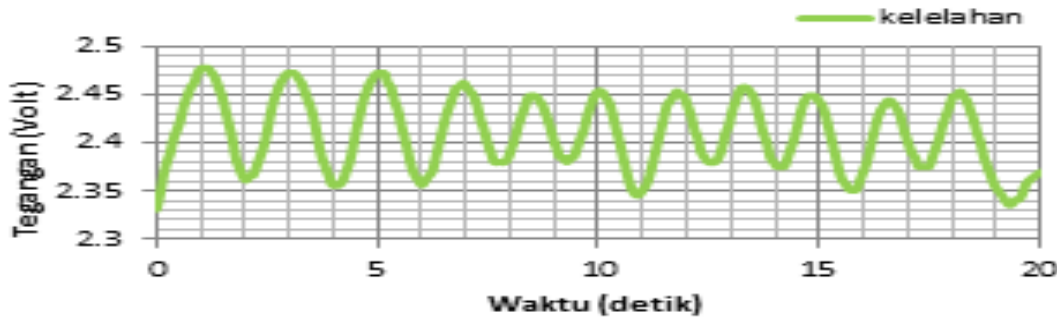


Grafik disamping merupakan monitoring pernapasan biasa pada rentang waktu 20 detik. Kemudian dapat diketahui sensitivitas masing-masing sensor berdasarkan reantang tegangan rata-rata hasil inspirasi dan ekspirasi.

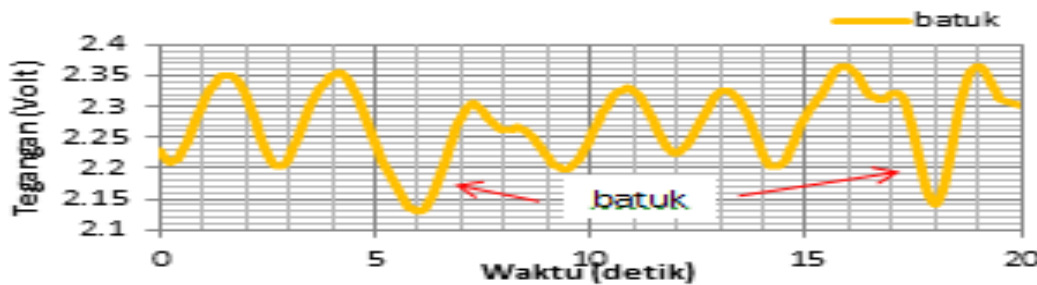
## SENSOR 3

Sensor	Rentang Tegangan (V)	Sensitivitas terhadap kelembaban (dBm/%)
1	0,008	0,014
2	0.179	0.08
3	0,065	0.03

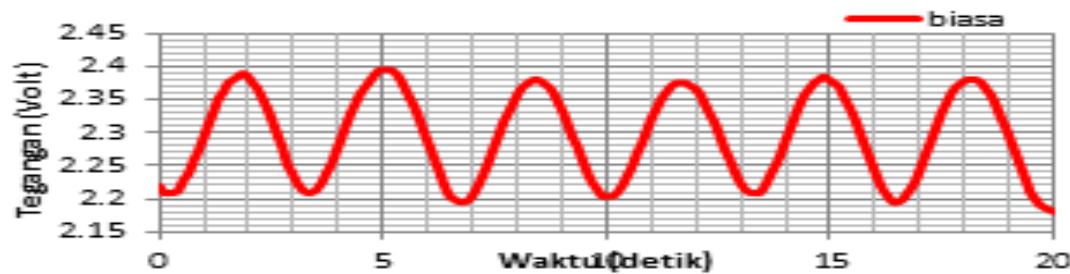
## Pengujian Sensor Terhadap Pernapasan Tidak Biasa



Keadaan kelelahan terjadi 11 kali napas dalam 20 detik, sedangkan dalam pernapasan biasa terjadi 6 napas dalam 20 detik



Nilai kelembaban rata-rata pada saat batuk adalah 88,39%



## Kesimpulan

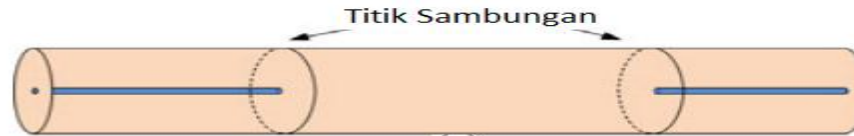
- Telah dilakukan perancangan sistem monitoring pernapasan berbasis serat optik berstruktur SMS yang mampu mendeteksi sinyal pernapasan menggunakan dengan panjang serat optik *multimode coreless* 22,30 mm dan Sensor 3 dengan panjang serat optik *multimode coreless* 37,25 mm.
- Sistem monitoring dengan menggunakan *multimode coreless* sepanjang 22,30 mm menghasilkan sensitivitas terbesar jika dibandingkan dengan menggunakan dua probe sensor lainnya. Rata-rata perubahan keluaran sensor pada pernapasan biasa adalah 0.179 V.
- Kelembaban relatif merupakan faktor paling dominan dalam proses pernapasan yang mempengaruhi sensitivitas sensor.
- Sistem monitoring dengan menggunakan *multimode coreless* sepanjang 22,30 mm mampu membedakan pernapasan biasa, kelelahan, dan pernapasan yang disertai batuk.

**TERIMAKASIH**



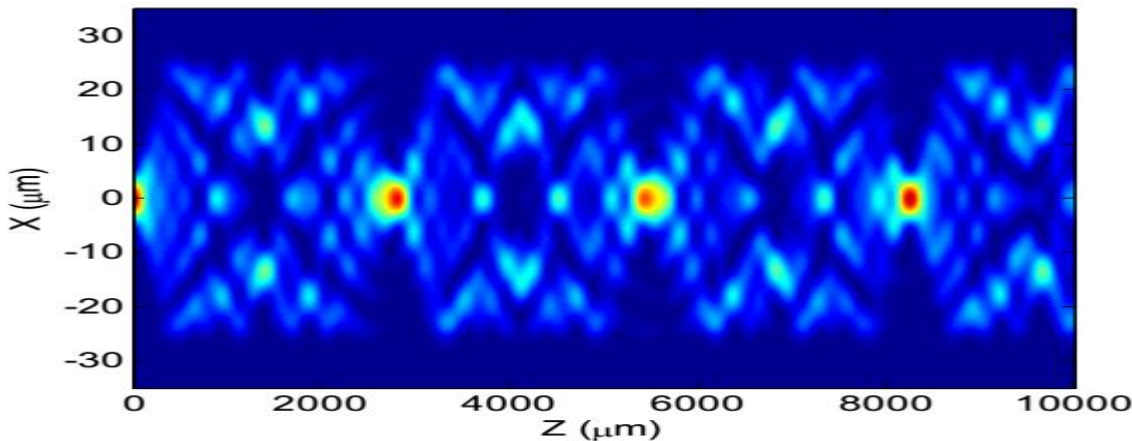


# SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode)



## MMI (*Multimode Interference*)

Fenomena terbentuknya self imaging yang didefinisikan sebagai perulangan profil medan elektrik input karena interferensi konstruktif secara berkala sepanjang arah propagasi multimode



$$P_{\text{out}}(L) = 10 \lg \left( \left| \sum_{n=1}^N \eta_n^2 \exp(j\beta_n L) \right|^2 \right)$$

$$L_z = 10L_\pi = 10 \frac{\pi}{(\beta_0 - \beta_1)}$$

$$M \approx V/\pi$$

$$V = \{2\pi/\lambda\} a \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2}$$