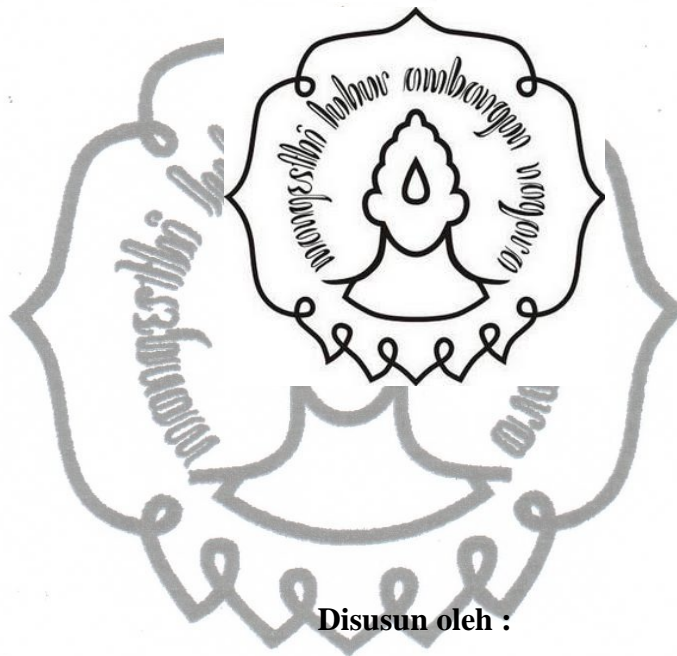


**SENSOR SERAT OPTIK PENDETEKSI GAS DENGAN PRINSIP  
MEDAN *EVANESCENT***



Disusun oleh :

**ACHMAD HASAN NOOR MAJJID  
M0212002**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Januari, 2018**

**SENSOR SERAT OPTIK PENDETEKSI GAS DENGAN PRINSIP  
MEDAN *EVANESCENT***



**Disusun oleh :**

**ACHMAD HASAN NOOR MAJJID  
M0212002**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian  
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Januari, 2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : *Sensor Serat Optik Pendeteksi Gas dengan Prinsip Medan Evanescent*

Yang ditulis oleh :

Nama : Achmad Hasan Noor Majjid


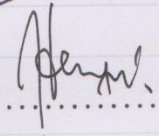
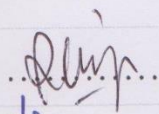
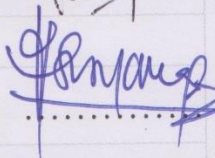
NIM : M0212002

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Selasa

Tanggal : 13 Febuari 2018

Dewan Penguji:

|  |   |
|--|---|
| 1. Drs. Hery Purwanto M.Sc               |    |
| NIP. 195905 198703 1 002                 |   |
| 2. Venty Suryanti, S.Si., M.Phil., Ph.D. |   |
| NIP. 19720817 199702 2 001               |   |
| 3. Dra. Riyatun, M.Si.                   |  |
| NIP. 19680226 199402 2 001               |   |
| 4. Dr. Eng. Risa Suryana, S.Si, M.Si     |  |
| NIP. 19710831 200003 1 005               |   |

Disahkan pada tanggal

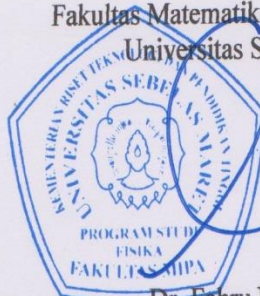
10-07-2018

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si.

NIP. 19721013 200003 1 002

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “SENSOR SERAT OPTIK PENDETEKSI GAS PRINSIP MEDAN *EVANESCENT*” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau diphotocopy secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.



Surakarta, 30 Januari 2018

Achmad Hasan Noor Majjid  
NIM. M0212002

## MOTTO

*“Masa Lalu adalah Kenangan, Masa Sekarang adalah Anugerah, dan Masa Depan adalah Misteri.”*

*“Setiap master harus menemukan jalan menuju kedamaian batinnya. Sebagian menemukan melalui kesakitan dan penderitaan terlebih dahulu.”*  
(Cuplikan dialog film “Kungfu Panda 2)

*“Be grateful for what you have now. As you begin to think about all the things in your life you are grateful for, you will be amazed at the never ending thoughts that come back to you of more things to be grateful for. You have to make a start, and then the law of attraction will receive those grateful thoughts and give you more just like them.”*  
(Rhonda Byrne, The Secret)

*“A person who never made a mistake never tried anything new.”*  
(Albert Einstein)

*“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui.”*  
(Qs. Al-Baqarah: 216)

## PERSEMBAHAN



*Dengan segenap penuh rasa syukur kepada Allah SWT kupersembahkan karya  
indah ini kepada :*

- ❖ *Bapak Achmad Rodja'I dan Ibu Winarsih Tercinta*
- ❖ *Kakakku Aji dan JiN Tersayang*
- ❖ *Teman - Teman CFC 2012*
- ❖ *Almamaterku*



## **Sensor *Fiber Optik* Pendeteksi Gas dengan Metode Medan *Evanescent***

Achmad Hasan Noor Majjid

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sebelas Maret

### **ABSTRAK**

Gas oksigen merupakan salah satu komponen terpenting untuk kelangsungan hidup manusia. Atmosfer bumi terdiri dari 20,95% gas oksigen, jumlah ini merupakan terbanyak kedua setelah nitrogen 78,08%. Berbagai metode dilakukan untuk mendeteksi keberadaan senyawa gas oksigen. Dalam penelitian ini dibuat sensor biokimia dengan menggunakan serat optik sebagai *sensing element*. Prinsip kerja sensor serat biokimia adalah dengan memanfaatkan fenomena serapan *evanescent* dalam serat optik untuk menemukan ciri khusus gas oksigen berdasarkan spektrum serapan dalam serat optik. Penelitian ini membuat serat sensor untuk mendeteksi gas oksigen dengan cara menghilangkan *cladding* dan sebagian *core* serat dengan diampas. Hasil yang diperoleh menunjukkan panjang gelombang cahaya penciri gas oksigen yang diukur dengan spektrometer cahaya adalah pada 656,70 nm. Hubungan tekanan gas oksigen adalah sebanding dengan absorbansi *evanescent* gas oksigen.

Kata kunci: Spektrometer, Serat Optik, Sensor Serat optik, Gelombang *Evanescent*, Oksigen

## **Fiber Sensor Based on Evanescent Field for Characterization Typical Absorption in Gass**

Achmad Hasan Noor Majjid

Physics Department, Faculty of Matehmatics and Natural Sciences,  
Sebelas Maret University

### **ABSTRACT**

Oxygen gas is an important component for human survival. Earth's atmosphere consists of 20.95% oxygen gas, this amount is second only to nitrogen 78.08%. In this study, biochemical sensors using fiber optic as the sensing element. Principle of biochemical fiber sensor is to utilize the evanescent absorption phenomena in fiber optic to find a special characteristic absorption spectra of oxygen in fiber optic. In this study, sensing element fiber sensor to detect oxygen was fabricated by polishing cladding and some of core fiber. The results showed that the wavelength characteristics of oxygen as measured by fiber sensor was 656.70 nm. Oxygen pressure was proportional to evanescent absorbance of oxygen.

Keywords: Fiber Optic Spectroscopy, Fiber Sensor, Evanescent wave, Oxygen



## KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmanirohim,

Alhamdulillahirobbil ‘alamin, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, inayah dan segala kenikmatan luar biasa banyaknya. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi kita Muhammad SAW, keluarganya, para sahabatnya dan umatnya yang selalu istiqomah di jalan kebenaran.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains ini penulis beri judul “*Sensor Serat Optik Pendeteksi Gas Oksigen dengan Prinsip Medan Evanescent*”. terselesaikannya skripsi ini adalah suatu kebanggaan tersendiri bagi saya. Setelah sekitar lebih dari satu semester penulis harus berjuang untuk bisa menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala suka dan dukanya, pada akhirnya skripsi ini terselesaikan juga. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada :

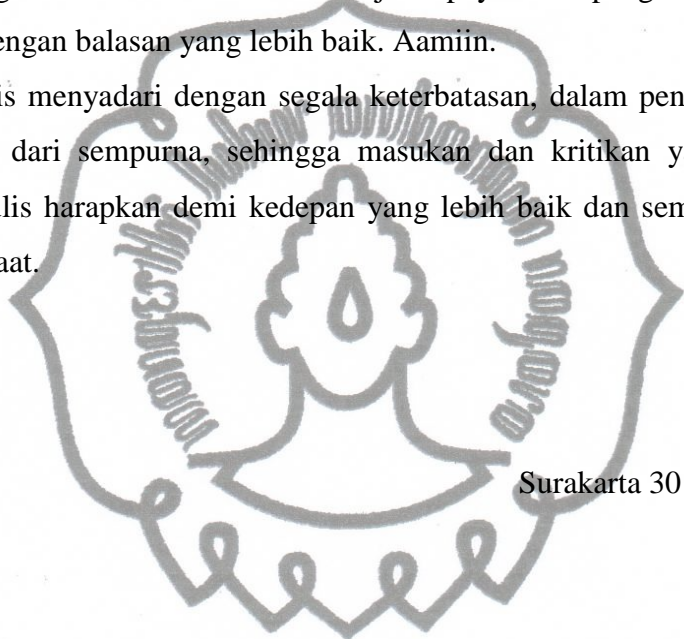
1. Drs. Hery Purwanto M.Sc selaku pembimbing satu yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam menyelesaikan karya indah ini.
2. Venty Suryanti, S.Si., M.Phil., Ph.D selaku pembimbing dua yang telah memberikan semangat dan bimbingan dalam menyelesaikan karya indah ini.
3. Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D selaku Pembimbing Akademik.
4. Keluarga tercinta Bapak Achmad Rodjai, Ibu Winarsih, Mbak Mas Aji Sumantoro, Mba Iin Diah Nuraeni serta keluarga besar Achmad atas semua dukungan doa, kasih sayang, dan perhatian yang luar biasa kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta Staff di Program Studi Fisika FMIPA UNS yang telah banyak memberikan ilmu tidak ternilai besarnya bagi penulis.
6. Sahabat - sahabat di Laboratorium *Optics & Photonics Research Group* (OPRG) Mas Edi, Mas Dedi, Mas Icas, Mas Aftah, Ega, Gitrin, Halimah,

Carol, Arum, Dian Putri, Dianmas, Bangun, Lintang dan Arlita yang telah memberikan motivasi, inspirasi, dan semangat bagi penulis.

7. Rekan-rekan angkatan *Creativity oF physiCians* (CFC) 2012 yang telah memberikan semangat dan motivasi bagi penulis.
8. Sahabat terbaik Archi dan Harul yang telah memberikan motivasi, dan semangat bagi penulis.

Semoga ALLAH SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Aamiin.

Penulis menyadari dengan segala keterbatasan, dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga masukan dan kritikan yang membangun sangat penulis harapkan demi kedepan yang lebih baik dan semoga karya indah ini bermanfaat.



Surakarta 30 Januari 2018

Penulis

## PUBLIKASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “SENSOR SERAT OPTIK PENDETEKSI GAS PRINSIP MEDAN *EVANESCENT*” telah dipublikasikan pada:

Sebelas Maret *University Institutional Repository* (UNS-IR), pada tanggal 11 April 2018, Universitas Sebelas Maret Surakarta.



## DAFTAR ISI

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>SENSOR SERAT OPTIK PENDETEKSI GAS DENGAN PRINSIP MEDAN EVANESCENT .....</b>                     | <b>1</b>                            |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>PERNYATAAN .....</b>  | <b>iii</b>                          |
| <b>MOTTO .....</b>   | <b>v</b>                            |
| <b>PERSEMBAHAN .....</b>   | <b>vi</b>                           |
| <b>ABSTRAK .....</b>   | <b>vii</b>                          |
| <b>Fiber Sensor Based on Evanescent Field for Characterization Typical Absorption in Gass.....</b> | <b>viii</b>                         |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>   | <b>ix</b>                           |
| <b>PUBLIKASI.....</b>  | <b>xi</b>                           |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>   | <b>xii</b>                          |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>xv</b>                           |
| <b>DAFTAR SIMBOL .....</b>   | <b>xvi</b>                          |
| <b>BAB I.....</b>  | <b>1</b>                            |
| 1.1. Latar Belakang.....   | 1                                   |
| 1.2. Batasan Masalah .....   | 3                                   |
| 1.3. Rumusan Masalah .....   | 4                                   |
| 1.4. Tujuan penelitian .....   | 4                                   |
| 1.5. Manfaat penelitian .....  | 4                                   |
| <b>BAB II .....</b>  | <b>5</b>                            |
| 2.1. Serat Optik.....  | 5                                   |
| 2.2. Hukum Snellius .....  | 5                                   |
| 2.3. Fenomena Gelombang Cahaya.....  | 6                                   |

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| 2.4.           | Pemantulan Internal Total .....  | 7         |
| 2.5.           | <i>Numerical Aperture</i> .....  | 8         |
| 2.6.           | Sensor <i>Serat Optik</i> .....  | 11        |
| 2.7.           | Gelombang <i>Evanescent</i> .....  | 12        |
| 2.8.           | Prinsip <i>Sensor Serat Optik</i> berbasis Medan <i>Evanescent</i> ..... | 14        |
| 2.9.           | Spektroskopi Optik .....   | 15        |
| 2.10.          | Oksigen.....   | 17        |
| <b>BAB III</b> | .....  | <b>18</b> |
| 3.1.           | Tempat dan Waktu Penelitian .....  | 18        |
| 3.2.           | Alat dan Bahan yang digunakan.....                                       | 18        |
| 3.2.1.         | Alat yang digunakan.....   | 18        |
| 3.2.1.1.       | <i>Fiber Polishing Machine</i> .....                                     | 18        |
| 3.2.1.2.       | Tabung .....   | 18        |
| 3.2.1.3.       | <i>Light Emiting Diode</i> .....   | 18        |
| 3.2.1.4.       | Detektor.....  | 20        |
| 3.2.1.5.       | PC.....  | 20        |
| 3.2.1.6.       | Adaptor .....  | 20        |
| 3.2.1.7.       | Spektrometer Cahaya .....  | 20        |
| 3.2.2.         | Bahan yang digunakan.....  | 21        |
| 3.2.2.1.       | <i>Serat Optik</i> .....   | 21        |
| 3.2.2.2.       | Oksigen 800cc (kadar 99%).....   | 21        |
| 3.2.2.3.       | <i>Software</i> Penunjang .....  | 21        |
| 3.3.           | Prosedur Penelitian .....  | 22        |
| 3.4.           | Persiapan Alat dan Bahan.....  | 23        |
| 3.5.           | Pembuatan Probe Sensor .....   | 23        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.3. Pengukuran Sensor <i>Serat Optik</i> Terhadap Gas Oksigen.....                                      | 23        |
| 3.6. Pengambilan Data.....   | 24        |
| 3.7. Analisa Data .....  | 24        |
| <b>BAB IV .....</b>  | <b>25</b> |
| 4.1. <i>Serat Sensor</i> .....   | 25        |
| 4.2. Spektrometer Cahaya.....  | 26        |
| 4.2.1. Unjuk Kerja Spektrometer Cahaya.....  | 26        |
| 4.3. Pengujian LED Putih Menggunakan Spektrometer Cahaya .....   | 27        |
| 4.4. Pengujian Gas Oksigen Menggunakan Spektrometer Cahaya .....   | 29        |
| 4.5. Perambatan Cahaya pada <i>Serat Sensor</i> dan Hubungannya dengan gelombang <i>Evanescent</i> ..... | 31        |
| 4.6. Hubungan Absorbansi Gelombang <i>Evanescent</i> dengan Tekanan Gas Oksigen.....                     | 32        |
| <b>BAB V.....</b>  | <b>35</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....   | 35        |
| 5.2. Saran .....   | 35        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>   | <b>39</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1. Struktur serat optik (Keiser, 1991).....   | 5  |
| Gambar 2.2. Pemantulan dan pembiasan cahaya (Sanguanpong, 2000).....   | 6  |
| Gambar 2.3. Pemantulan internal total (Wenging <i>et al.</i> , 2005) .....   | 8  |
| Gambar 2.4. Proses perambatan cahaya pada serat optik (Crisp, 2006).....   | 9  |
| Gambar 2.5. Gelombang <i>evanescent</i> (Maddu, 2007).....   | 13 |
| Gambar 2.6. Proses pemantulan internal total ketika medan listrik tegak lurus<br>terhadap garis normal (Pedrotti & Pedrotti, 1993) ..... | 13 |
| Gambar 3.1. Spektrometer cahaya beserta <i>serat optik</i> .....   | 20 |
| Gambar 3.2. Skema penelitian .....   | 22 |
| Gambar 3.3. Sensor serat pada <i>zona sensing</i> .....  | 23 |
| Gambar 3.3. <i>Set-up</i> probe sensor serat optik (Moreno <i>et al.</i> , 2005) .....   | 24 |
| Gambar 4.1. Daerah <i>sensing serat</i> sensor .....   | 25 |
| Gambar 4.2. Spektrum panjang gelombang LED putih.....  | 28 |
| Gambar 4.3. Spektrum panjang gelombang LED putih (Fred, 2006).....   | 29 |
| Gambar 4.4. Spektrum panjang gelombang LED putih yang diletakkan pada gas<br>oksigen .....   | 29 |
| Gambar 4.5 <i>Serat optik</i> yang telah diampelas.....  | 30 |
| Gambar 4.6. Spektrum absorpsi gas oksigen .....  | 33 |
| Gambar 4.7. Spektrum absorpsi gas oksigen .....  | 33 |

## DAFTAR SIMBOL

| Simbol          | Keterangan                               | Satuan              |
|-----------------|--|---------------------|
| $d_p$           | = <i>Depth Penetration</i>               | mm                  |
| $r$             | = Koefisien Refleksi                     |                     |
| $t$             | = Koefisien Transmisi                    |                     |
| $I_r$           | = Intesitas cahaya yang dipantulkan      |                     |
| $I_t$           | = Intensitas cahaya yang dibiaskan       | $W/m^2$             |
| $I_i$           | = Intensitas cahaya datang               | $W/m^2$             |
| $n$             | = Indeks Bias                            |                     |
| $n_1$           | = Indeks Bias Medium Pertama             |                     |
| $n_2$           | = Indeks Bias Medium Kedua               |                     |
| $n_u$           | = Indeks Bias Udara = 1                  |                     |
| $n_{core}$      | = Indeks Bias <i>Core</i>                |                     |
| $n_{cladding}$  | = Indeks Bias <i>Cladding</i>            |                     |
| $\theta_1$      | = Sudut Sinar datang Dengan Garis Normal | Radian Atau Derajat |
| $\theta_2$      | = Sudut Sinar Bias Dengan Garis Normal   | Radian Atau Derajat |
| $\theta_c$      | = Sudut Kritis                           | Radian atau Derajt  |
| $\theta_{maks}$ | = Sudut Maksimum                         | Radian Atau Derajat |
| $\theta_r$      | = Sudut Refleksi                         | Radian Atau Derajat |
| $\theta_i$      | = Sudut Datang                           | Radian Atau Derajat |
| $NA$            | = <i>Numerical Aperture</i>              |                     |
| $T$             | = Transmittansi                          | %                   |
| $I_{mod}$       | = Intensitas Modulasi                    | $W/m^2$             |
| $I_{ref}$       | = Intensitas Referensi                   | $W/m^2$             |
| $dB$            | = <i>Decibel / Rugi-Rugi fiber optik</i> |                     |
| $P_T$           | = Daya output                            | $W$                 |
| $P_0$           | = Daya input                             | $W$                 |
| $E$             | = Medan Gelombang                        | J                   |
| $E_t$           | = Medan Gelombang transmisi              | J                   |

|                  |   |                     |
|------------------|---|---------------------|
| $E_o$            | = Medan Gelombang Awal                          | J                   |
| $\pi$            | = 3,14  |                     |
| $\lambda$        | = Panjang Gelombang                             | nm                  |
| $\lambda_{maks}$ | = Panjang Gelombang Maksimum                    | nm                  |
| $z$              | = Jarak Penjalaran Gelombang cahaya             | m                   |
| $A$              | = Absorbansi                                    |                     |
| $I_o$            | = Intensitas Sinar masuk                        | $W/m^2$             |
| $I_t$            | = Intensitas Sinar yang diteruskan              | $W/m^2$             |
| $\varepsilon$    | = Absorptivitas                                 | $gram.cm/ml$        |
| $R$              | = Konstanta gas                                 | M/mol K             |
| $C$              | = Konsentrasi konsentrasi pengabsorpsi          | ppm                 |
| $n$              | = Pola terang ke (....-2, -1, 0, 1, 2,...)      |                     |
| $d$              | = Lebar celah                                   | m                   |
| $\sin \theta$    | = Sudut pola interferensi terhadap terang pusat | Radian Atau Derajat |
| $V$              | = Volume gas dalam tabung                       | $cm^3$              |
| $N$              | = Banyaknya celah                               |                     |
| $\alpha$         | = Koefisien absorpsi bulk                       |                     |
| $l$              | = Panjang serat yang dikupas                    | cm                  |
| $m$              | = <i>slope</i>                                  |                     |
| $\gamma$         | = Koefisien absorpsi bahan                      |                     |
| $L$              | = Panjang pengabsorpsi                          | cm                  |
| $r$              | = Fraksi daya                                   |                     |
| $n_z$            | = Jumlah partikel gas                           |                     |
| $k$              | = Indeks ekstinsi                               |                     |
| $T_b$            | = Suhu  | K                   |
| $P$              | = Tekanan gas dalam tabung                      | Psi                 |