

KAJIAN AWAL DEKTEKSI DINI PENYAKIT DALAM DENGAN METODE *NON-INVASIVE* SPEKTROSKOPI FOTOAKUSTIK LASER

(Beginning Study of Disease Detection with a Laser Photoacoustic Spectroscopy
Non-Invasive Method)

Mitrayana¹, Muslim¹, M.A.J.Wasono¹, W.Rohmah² dan F.J.M.Harren³

¹Laboratorium Atom-Inti Jurusan Fisika Fakultas MIPA UGM

²Bagian Ilmu Penyakit Dalam Fakultas Kedokteran UGM

³Department of Molecular and Laser Physics Radboud University of Nijmegen

ABSTRAK

Telah dilakukan kajian awal deteksi dini penyakit dalam menggunakan spektrometer fotoakustik (SFA) laser yang dibangun di Laboratorium Fisika Atom-Inti Jurusan Fisika FMIPA UGM. Eksperimen dilakukan dengan metode pengambilan sampel yang *non-invasive* yaitu melalui hembusan nafas relawan. Analisa data dari hasil eksperimen dilakukan menggunakan metode Analisis Multikomponen Gas dengan menggunakan software Origin dan Matlab. Hasil analisis dapat menunjukkan tiga macam gas karakteristik berbeda yang dapat dipakai untuk mencirikan suatu jenis penyakit tertentu, yaitu gas Etilen, Aseton dan Amonia.

Kata kunci: Fotoakustik laser dan Analisis multikomponen gas

ABSTRACT

The preliminary study of disease detection has been done using the laser photoacoustic spectrometer that has been built in the Atomic and Nuclear Physics Laboratory, Physics Department of Universitas Gadjah Mada. The Experiment was done via non-invasive method that is through exhaust air of breathing volunteer patients. The data analysis was done with a gas multi-component analysis using Origin and Matlab software. The result of analysis shows the three specific gases that can be used to indicate certain diseases, i.e. Ethylene, Acetone, and Ammonia gases.

Keywords: Laser Photoacoustic and a gas multi component analysis

Makalah diterima 3 Oktober 2005.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini telah terjadi kompetisi metode analisis jenis penyakit dalam antara dua jenis metode yaitu metode tes darah dan pernafasan (Kumar dan Muller, 2002). Metode tes darah adalah, metode konvensional standar yang telah lama dan luas dipergunakan untuk menganalisis suatu jenis penyakit melalui analisa darah yang diambil dari pasien. Metode pernafasan

adalah metode baru yang belum banyak dilakukan untuk menganalisis suatu jenis penyakit melalui analisa gas hembus yang dikeluarkan melalui mulut pasien. Beberapa kekurangan tes darah adalah invasive, memerlukan banyak waktu, dan relatif mahal. Kekurangan-kerurangan tersebut dapat diatasi dengan metode pernafasan, karena metode tersebut cenderung *non-invasive*, waktu analisis singkat dan relatif murah.

Hal yang diperlukan dalam analisa pernafasan adalah detektor yang memiliki kepekaan yang sangat tinggi disamping dapat mengukur secara *on-line* dan *real time*. Spektrometer Fotoakustik (SFA) Laser adalah alat yang cukup memadai sebagai detektor analisa pernafasan. Beberapa sifat SFA laser adalah *non-invasive*, *on-line*, *real-time*, *in-situ* dan memiliki kepekaan sampai orde *ppt* (*part per trillion*) (Harren, 1988).

Laboratorium Atom-Inti Jurusan Fisika FMIPA UGM memiliki dua set SFA laser, yaitu konfigurasi intrakavitas dan ekstrakavitas, dengan dua sumber laser yaitu laser CO₂ flowing dan laser CO₂ *semi-sealed off*. SFA laser konfigurasi intrakavitas memiliki kepekaan sampai orde *ppt* (Mitraryana, dkk., 2004) sedangkan konfigurasi ekstrakavitas memiliki kepekaan hanya sampai orde *ppb* (*part per billion*) (Wasono, 1998). Selama ini penerapan alat tersebut masih terpokus pada bidang pengolahan buah pasca panen (Wasono, dkk., 2004), bidang lingkungan (Harren dkk., 1997) dan bidang biologi (Persijn, dkk., 2001).

Oleh karena itu pada makalah ini akan dilaporkan hasil kajian awal penerapan alat SFA laser intrakavitas untuk bidang kedokteran khususnya deteksi dini penyakit dalam melalui analisa gas hembus pernafasan.

2. METODA EKSPERIMEN

Kajian awal penerapan SFA laser dalam bidang kedokteran ini dibagi dalam dua hal eksperimen. Eksperimen pertama adalah kalibrasi alat terhadap tiga gas penanda jenis penyakit dalam yaitu gas etilen, aseton dan amonia. Dari hasil kalibrasi ini akan diperoleh matrik hubungan antara konsentrasi gas yang dicari terhadap normalisasi sinyal pada tiap garis laser yang dipilih, yaitu garis laser 10P14 untuk etilen, 10P20 untuk aseton, dan 10R14 untuk amonia. Eksperimen kedua adalah penerapan awal alat SFA laser untuk langsung mengukur gas hembusan pernafasan relawan. Hasil dari eksperimen kedua ini adalah melihat apakah ada perbedaan pola keluaran sinyal dari minimal relawan sehat dan relawan sakit.

Matrik hubungan antara sinyal ternormalkan terhadap campuran gas dalam hal ini tiga jenis gas adalah:

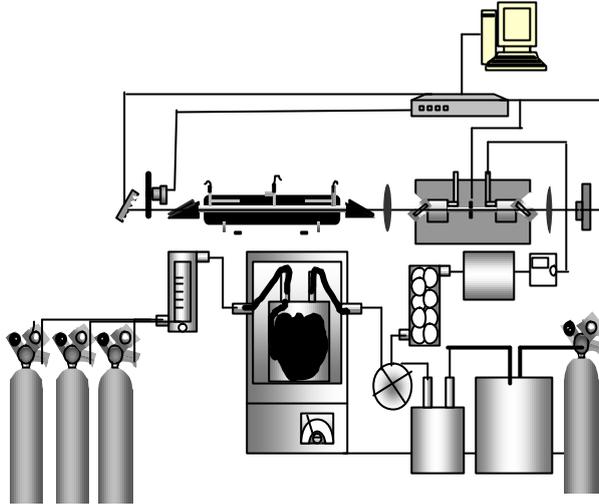
$$\begin{pmatrix} (S/P)_1 \\ (S/P)_2 \\ (S/P)_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

dengan $(S/P)_1$, $(S/P)_2$, dan $(S/P)_3$ masing-masing adalah normalisasi sinyal FA pada garis 10P14, 10P20 dan 10R14 untuk konsentrasi etilen (C_1), aseton (C_2), dan amonia (C_3). Sedangkan K_{ij} dengan faktor kalibrasi antara serapan garis laser i untuk konsentrasi gas j .

Gambar.1a menunjukkan gambar skematik *set-up* spektrometer fotoakustik laser berkonfigurasi intrakavitas. Dalam konfigurasi tersebut sel fotoakustik (sel FA) diletakkan di dalam rongga laser sehingga cuplikan akan merasakan berkas laser secara bolak-balik (*multipass*) sehingga kepekaan sistem menjadi tinggi yaitu berorde *ppt* (Mitraryana, dkk., 2004). Masukkan gas pada sel FA yang dihubungkan dengan sistem sampling seperti terlihat pada Gambar. 1b. Gambar.1b menunjukkan sistem sampling yang dirancang untuk mendapatkan gas hembus pernafasan yang kandungan uap air dan CO₂ nya tereduksi sehingga tidak mengganggu serapan gas-gas yang akan diselidiki kadarnya yaitu etilen, aseton dan amonia.

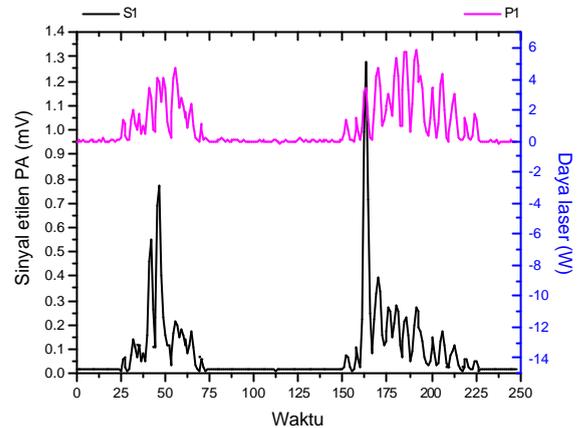
Analisa data dari hasil eksperimen dilakukan dengan menggunakan software origin untuk mendapatkan grafik kalibrasi untuk masing-masing gas murni etilen, aseton dan amonia pada seluruh serapan garis laser (*scanning*). Dari hasil grafik tersebut akan diperoleh data kalibrasi kesebandingan antara normalisasi sinyal pada suatu garis terhadap konsentrasi gas murni yang diuji (K_{ij}) untuk masing-masing gas etilen, aseton dan amonia. Setelah diperoleh matrik (K_{ij}) maka dengan menggunakan software Matlab akan diperoleh matrik invers dari (K_{ij}) yaitu (K_{ij})⁻¹. Dari matrik invers ini akan didapatkan hubungan konsentrasi gas campuran yang dicari terhadap nilai serapan gas pada garis yang diperoleh dari eksperimen, yaitu melalui hubungan

$$\begin{pmatrix} (C)_1 \\ (C)_2 \\ (C)_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} (S/P)_1 \\ (S/P)_2 \\ (S/P)_3 \end{pmatrix} \quad (2)$$

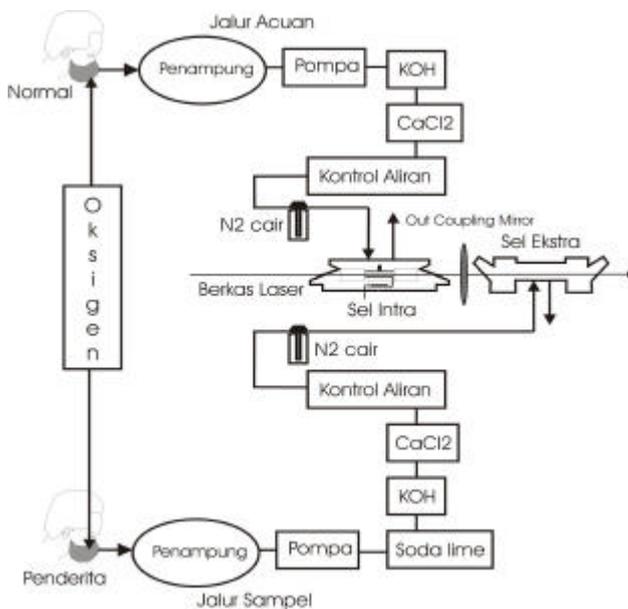


Gambar 1a. Skema set-up lengkap SFA laser CO₂ konfigurasi intrakavitasi.

tertinggi terjadi pada garis laser 10P14. Tingginya serapan gas etilen pada garis 10P14 dibandingkan dengan serapan pada garis-garis lain menjadi acuan dipilihnya normasilasi sinyal FA terhadap daya laser digaris tersebut untuk dimasukkan ke dalam pers. (2).



Gambar 2. Grafik scanning seluruh garis laser CO₂ pada daerah 10P dan 10R untuk gas etilen murni dengan konsentrasi 7 ppm.



Gambar 1b. Model skema sistem sampling gas hembus dari pernafasan

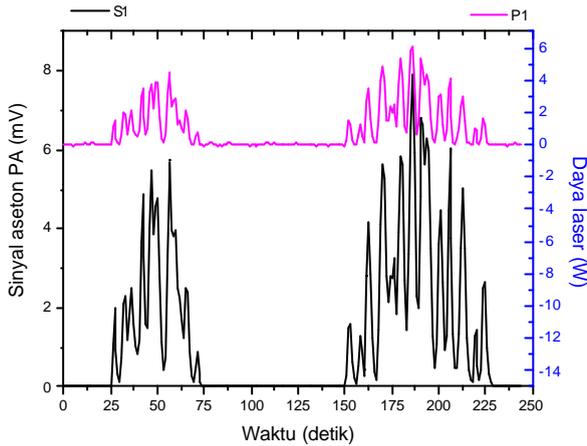
Gambar 3 menunjukkan hasil scanning garis laser untuk gas aseton murni dengan konsentrasi 7 ppm. Dengan cara yang sama dipilih normalisasi sinyal FA terhadap daya laser di garis 10P20 untuk dimasukkan pada pers. (2) untuk gas aseton, karena di garis itulah nampak serapan tertinggi terjadi. Sedangkan Gambar 4 menunjukkan hasil scanning garis laser untuk gas amoniak murni 7 ppm. Serapan terkuat nampak terjadi pada garis 10R14. Karena itulah pada garis ini dipilih sinyal ternomalkan yang dimasukkan ke pers. (2) untuk amoniak.

Dengan menganalisa grafik pada Gambar (2), (3) dan (4) maka diperoleh (K_{ij}) untuk masing-masing gas, dan kemudian nilai tersebut dimasukkan dalam software Matlab untuk kemudian dihasilkan matrik dengan konsentrasi gas dalam satuan *ppb* sebagai berikut,

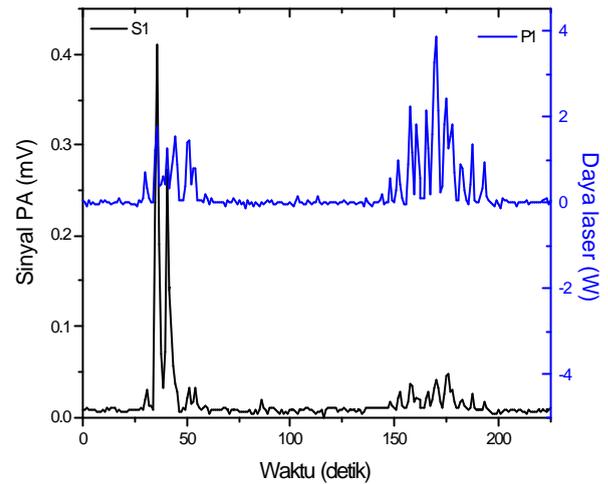
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan hasil dari scanning garis laser untuk etilen murni dengan konsentrasi 7 ppm. Nampak bahwa serapan

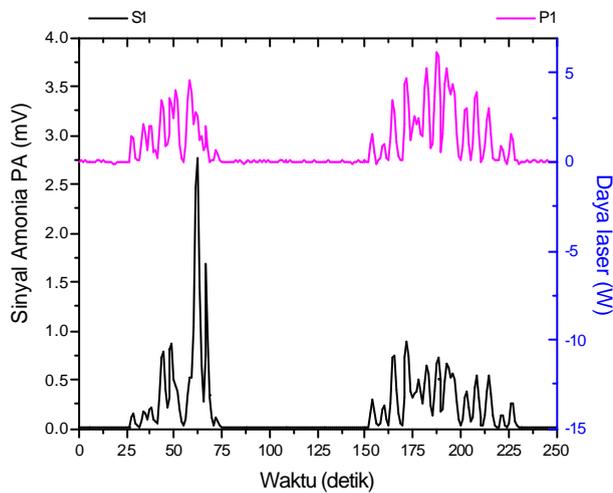
$$\begin{pmatrix} C_{etilen} \\ C_{aseton} \\ C_{amoniak} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2500 & -500 & -1500 \\ -1000 & 8500 & -3000 \\ -200 & -600 & 6200 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} (S/P)_{10P14} \\ (S/P)_{10P20} \\ (S/P)_{10R14} \end{pmatrix} \quad (3)$$



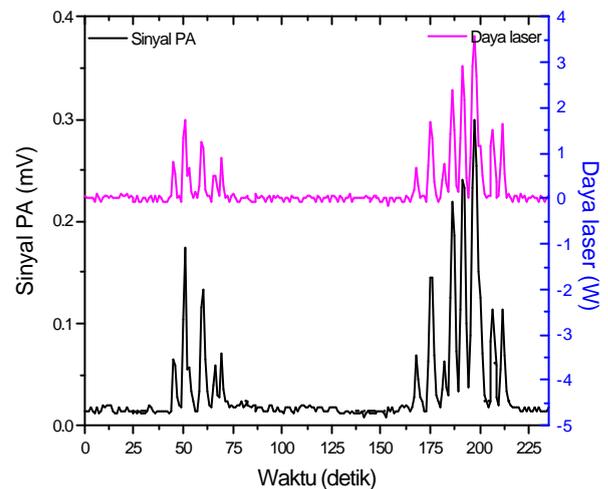
Gambar 3. Grafik scanning seluruh garis laser CO₂ pada daerah 10P dan 10R untuk gas aseton murni dengan konsentrasi 7 ppm



Gambar 5a. Grafik hasil scanning SFA untuk gas dari pernafasan relawan sehat;



Gambar 4. Grafik scanning seluruh garis laser CO₂ pada daerah 10P dan 10R untuk gas amoniak murni dengan konsentrasi 7 ppm



Gambar 5b. Grafik hasil scanning SFA untuk gas dari pernafasan relawan sakit diabetes.

Setelah persamaan (3) diperoleh maka data dari hasil eksperimen hembusan nafas relawan dan siap untuk dianalisa. Hasil kuantitatif dari masing-masing gas yang dihembuskan dapat diperoleh. Sebagai contoh ditampilkan dua buah grafik hasil dari hembusan nafas relawan sehat dan sakit diabetes pada Gambar (5a dan 5b). Dari Gambar 5 tersebut nampak bahwa terdapat perbedaan mencolok pola scanning SFA untuk gas dari hemusan relawan sehat dan sakit. Dengan menggunakan persamaan (3) maka diperoleh dari Gambar 5a yang konsentrasi asetonnya adalah 21 *ppb*, sedangkan dari Gambar 5b konsentrasi asetonnya adalah 500 *ppb*.

Hal ini tentu menunjukkan dengan jelas bahwa relawan yang memiliki pola scanning seperti pada Gambar 5b dengan konsentrasi aseton yang cukup tinggi (sekitar orde ratusan *ppb*) termasuk relawan yang memiliki sakit diabetes mellitus.

5. KESIMPULAN

Telah dilakukan kajian awal mengenai penerapan SFA laser untuk deteksi dini penyakit dalam melalui deteksi gas hembus pernafasan. Diperoleh dari eksperimen awal sebuah matrik konversi yang digunakan

untuk menganalisa gas campuran (*multi-component gas analysis*) dari hemusan nafas pasien. Dari eksperimen dapat ditunjukkan pula pola scanning gas hembus yang berbeda untuk relawan sehat dan sakit. Dengan demikian SFA laser dapat dipakai sebagai salah satu alat deteksi dini suatu penyakit dalam yang bekerja secara *on-line, real time*, berkepekaan tinggi dan *non-invasive*.

Ucapan Terimakasih

Kami ucapkan banyak terimakasih kepada Fakultas MIPA yang telah membiayai penelitian ini dan semua mahasiswa, laboran laboratorium Fisika atom-inti dan bengkel FMIPA UGM yang telah membantu dalam eksperimen.

Daftar Pustaka

- Harren F.J.M., 1988, *The Photoacoustic Effect, Refined and Applied to Biological Problems*, **Ph.D., Thesis** University of Nijmegen, The Netherlands.
- Harren F.J.M., and Reuss J., 1997, *Photoacoustic Spectroscopy*, **In G.L. Trigg (ed), Encyclopedio of Applied Physics**. VCH Wennheim Vol. 19, p. 413 – 435.
- Kumar C. N.P. and Mueller E., 2002, *Optical-Noise Technology Competes With Breathanalyzers and Blood Tests*, **Laser Focus World**, November 2002, Penn Well Corporation.
- Mitrayana, Muslim, M.A.J.Wasono, dan Tranggono, 2004, *Spektrometer Fotoakustik Laser Konfigurasi Intrakavititas*, **Seminar Nasional Pemaparan Hasil Penelitian Hibah Bersaing Ke-VIII**, Jakarta 27 – 30 Juli 2004.
- Persijn S.T., Mitrayana, and Harren F.J.M., 2001, *The Use of The Inert Tracer Gas SF₆ as a Tool to Determine the Tracheal Volume and Respirative Behaviour of Insects*, **Thesis Doctoral**, University of Nijmegen, The Netherlands, Chapter. 6, p. 87-97.
- Wasono, M.A.J., 1998, *Construction and Performance of CO₂ Laser Driven Photoacoustic Spectrometer as a Monitor of Ethylene Emission in Postharvest Metabolism of Tropical Fruits*, **Disertasi Doktor**, UGM Indonesia.
- Wasono M.A.J., Suparmo dan Rohmah W., 2004, *Performance of Intracavity Laser Photoacoustic Spectrometer in Monitoring Ethylene Emission by Tropical Fruits*, **Proceedings of 2nd International Symposium on Metrology & Physics Application, and Energy Measurement**, Serpong Tangerang Indonesia, 24 – 29 August 2004.