

Pengukuran Konsentrasi Gas Aseton (C_3H_6O) dari Gas Hembus Relawan Berpotensi Penyakit *Diabetes Mellitus* dengan Metode Spektroskopi Fotoakustik Laser

Mitrayana,¹ M.A.J. Wasono,¹ M.R. Ikhsan²

1. Lab. Atom-Inti Jurusan Fisika FMIPA UGM

2. Bagian Penyakit – Dalam RSU Sardjito, FKU UGM

Email: mitrayana@ugm.ac.id

Abstrak – Telah dilakukan pengukuran konsentrasi gas biomarker berupa gas aseton dari gas hembus pernafasan relawan sehat dan pasien diabetes mellitus di bangsal penyakit dalam Rumah Sakit Umum Dr. Sardjito Yogyakarta. Pengukuran dilakukan menggunakan alat Spektrometer Fotoakustik Laser CO_2 yang dibangun di Lab. Fisika Atom dan Inti Jurusan Fisika FMIPA UGM. Hasil dari pengukuran konsentrasi gas aseton tersebut dapat dilihat secara jelas perbedaan antara relawan sehat dan pasien.

Kata kunci: Gas aseton (C_3H_6O), Spektroskopi fotoakustik laser, dan *Diabetes mellitus*.

Abstract – The gas concentrations of acetone as a biomarker gas have measured from exhaled gas of breathing of healthy volunteers and diabetes mellitus patient's in the disease ward General Hospital of Dr. Sardjito Yogyakarta. The measurement was made using a CO_2 laser based photoacoustic spectrometer that has been built in Lab. of Atomic-Physics, Physics Dept. UGM. The Results from the measurement of concentrations of gas acetone can be seen clearly differences between volunteers healthy and patients

Key words: Acetone gas, Laser photoacoustic spectroscopy, and *Diabetes mellitus*.

I. Pendahuluan

Aseton (*propylketone*) (C_3H_6O) merupakan satu dari sebagian besar senyawa yang berlimpah dalam pernafasan manusia. Aseton dihasilkan oleh *heptocytes* melalui *decarboxylation* dari kelebihan *Acetyl-CoA*. Aseton dibentuk oleh *decarboxylation acetoacetate*, yang berasal dari lipolisis atau peroksidasi lipid. *Ketone bodies* seperti aseton dioksidasi melalui siklus Krebs dalam jaringan perifer. *Ketone bodies* dalam darah (termasuk *acetoacetate* dan β -hydroxybutyrate) meningkat dalam subjek ketonemik ketika puasa atau kelaparan atau selama diet. Konsentrasi aseton dalam pernafasan meningkat pada pasien diabetes mellitus yang tak terkontrol [1].

Metode spektroskopi fotoakustik laser dalam menganalisis gas lacakan dengan memanfaatkan potensinya untuk menyelidiki komposisi hembusan udara *via* pernafasan mulut memberikan informasi penting tentang bermacam-macam proses yang terjadi pada tubuh manusia [2,3]. Dari segi medis, hal ini sangat menarik karena metode itu sangat berpotensi untuk memonitor berbagai proses metabolisme itu secara *noninvasive* dengan waktu tanggap yang cepat.

Kasus-kasus kelainan metabolisme manusia terjadi antara lain pada penderita penyakit diabetes yang tidak terkontrol yang menimbulkan bau uap badan seperti buah-buahan manis; penderita lever parah menghasilkan bau amis dan pengap; begitu pula penderita paru-paru bernanah, gagal ginjal, dan tumor ganas [4](Deng dkk., 2004). Spektrum gas hembusan para penderita jika dibandingkan dengan gas

hembusan orang normal dapat untuk mendeteksi adanya kelainan dan menentukan stadiumnya.

Kondisi tertentu (panas, trauma, radiasi dan lain-lain) memacu gangguan terhadap kesetimbangan pembentukan radikal bebas sehingga jaringan tubuh mengalami stress secara oksidatif. Stress oksidatif merupakan asal mula atau penyebab terjadinya peroksidasi lipida yang mengakibatkan terjadinya bermacam-macam penyakit (*patho physiological*) [5]. Peroksidasi lipid menyebabkan timbulnya radikal bebas yang mengurangi asam-asam lemak tidak jenuh sehingga biomembran dan sel tubuh terganggu yang bisa menyebabkan kerusakan dan kematian sel. Sebagai penanda kerusakan tubuh manusia akibat radikal bebas maka pengukuran hembusan gas-gas hidrokarbon seperti *ethylene* (C_2H_4), *ethane* (C_2H_6), dan *pentane* (C_5H_{12}) dapat dilakukan dengan metode spektroskopi fotoakustik laser secara *noninvasive* dan *nonintrusive* [6].

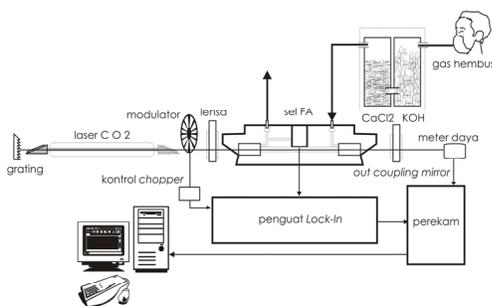
Dalam makalah ini akan diselidiki konsentrasi gas aseton (C_3H_6O) secara *real time* dan *in-situ* dari pernafasan manusia untuk menentukan *fingerprints* potensi penyakit *diabetes mellitus*, sehingga masalah pendeteksian dini gejala awal serta bantuan diagnosa dini dapat diatasi.

II. METODE EKSPERIMEN

Gas hembus didapat dari pernafasan lewat mulut dengan skema pengambilan gas ditunjukkan pada Gb. (1). Seperti terlihat pada gambar tersebut seluruh gas sampel yang hendak diselidiki dialirkan ke sel FA melalui *scrubber* KOH dan $CaCl_2$. Hal ini dilakukan guna menyerap uap air dan CO_2 yang dapat mengganggu kinerja serapan gas *biomarker* pada laser CO_2 . Data yang terekam kemudian diproses secara *off-line*. Setelah masing-masing konsentrasi gas hembus diperoleh, baik dari gas hembus relawan sehat maupun relawan sakit (pasien) maka pemetaan kadar penentuan batas ambang suatu penyakit tertentu dapat ditentukan. Untuk validitas data maka data dari SFA ini dicek dengan membuat korelasi positif terhadap variabel konvensional dari uji darah setiap relawan (klinik Prodia Yogyakarta).

Jumlah relawan yang diuji gas hembus pernafasannya adalah sekitar 6 orang usia muda (usia antara 20 – 30 tahun) untuk kategori sehat bagi pria dan wanita, 12 orang usia lanjut (usia diatas 50 tahun) untuk kategori sehat bagi pria dan wanita, dan 12 orang relawan sakit (yang lagi menginap di Rumah Sakit Sardjito). Jumlah pengukuran dilakukan dua kali (bolak-balik) dalam pemayaran garis laser untuk melihat konsistensi pola serapan laser. Namun untuk pengambilan nafas dari relawan (untuk satu orang relawan) hanya dilakukan satu kali. Hal ini dikarenakan keterbatasan dana, kondisi relawan dan waktu eksperimen. Setiap cuplikan biasanya memerlukan waktu kurang lebih 15 menit pengukuran, sehingga untuk pengukuran 30 orang kurang lebih memerlukan waktu 450 menit.

Pengukuran konsentrasi gas aseton dari gas hembus manusia itu dilakukan melalui dua tahap eksperimen. Tahap pertama adalah kalibrasi alat terhadap aseton pada garis laser 10P20. Tahap kedua adalah penerapan alat SFA laser untuk langsung mengukur gas hembusan pernafasan relawan. Hasil dari eksperimen kedua ini adalah melihat apakah ada perbedaan pola keluaran sinyal dari relawan sehat dan relawan sakit.



Gambar 1 Skema pengambilan dan pengukuran gas hembus pernafasan orang dengan SFA laser CO_2 .

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

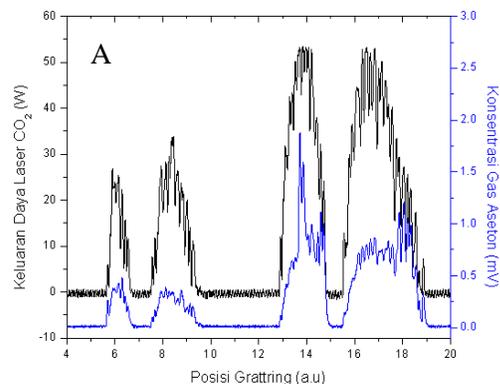
Gambar (2A) menunjukkan contoh grafik pemayaran SFA untuk cuplikan gas dari relawan sakit komplikasi antara *diabetes mellitus* dan gagal ginjal. Nampak bahwa terdapat serapan pada garis 10R24 dan juga ada serapan pada grup 9P. Dari grafik tersebut dan dari kalibrasi diperoleh konsentrasi asetonnya sebesar 400 ppbv.

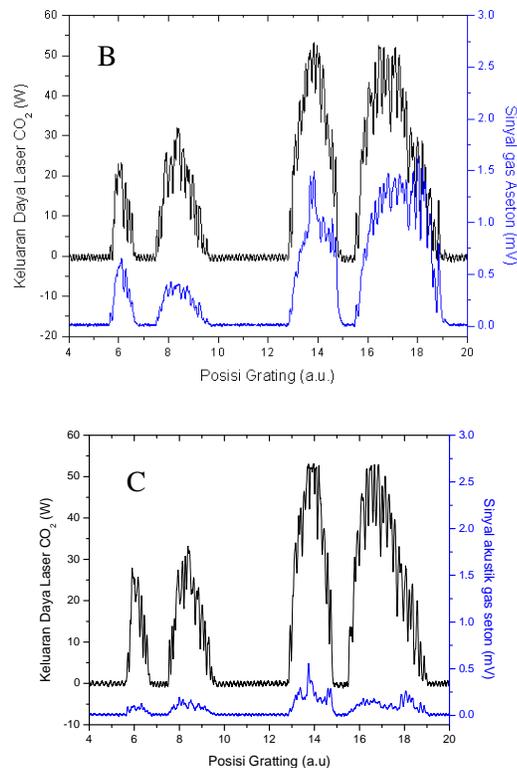
Gambar (2B) menunjukkan contoh grafik pemayaran SFA untuk cuplikan gas dari relawan sakit diabetes mellitus saja. Nampak bahwa serapan yang kuat hanya terjadi pada garis 10R24. Dari grafik tersebut dan dari kalibrasi diperoleh konsentrasi asetonnya sebesar 300 ppbv.

Gambar (2C) menunjukkan contoh grafik pemayaran SFA untuk cuplikan gas dari relawan sehat. Nampak bahwa sinyal pada semua grup hampir sama dengan sinyal latar. Dari grafik tersebut dan dari kalibrasi diperoleh konsentrasi asetonnya sebesar 30 ppbv.

Dari sekitar 12 orang relawan pasien berpenyakit komplikasi yaitu berpenyakit diabetes Mellitus dan gagal ginjal diperoleh nilai rata-rata konsentrasi gas aseton yang terukur adalah sebesar (290 ± 80) ppbv. Dari sekitar 12 orang relawan pasien yang hanya berpenyakit diabetes Mellitus diperoleh nilai rata-rata konsentrasi gas aseton yang terukur adalah sebesar (126 ± 30) ppv. Sedangkan dari sekitar 6 orang relawan sehat, diperoleh nilai rata-rata konsentrasi gas aseton yang terukur adalah (28 ± 4) ppbv.

Dari data-data tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa Spektrometer Fotoakustik Laser CO_2 Mobile yang dibangun sudah terbukti dapat mendeteksi perbedaan konsentrasi gas aseton yang dihembuskan melalui pernafasan untuk bergai kondisi relawan.





Gambar 2. A. Grafik pemanyaran untuk pasien komplikasi yaitu berpenyakit diabetes Melitus dan gagal ginjal, nampak dari grafik bahwa puncak tidak hanya terjadi di grup 10R akan juga berada di 9R dan 9P ; B. Grafik pemanyaran untuk pasien berpenyakit diabetes Melitus, nampak dari grafik bahwa puncak hanya terjadi di grup 10R24; C. Grafik pemanyaran untuk relawan sehat (mahasiswa berumur 21 th), nampak dari grafik bahwa puncak di semua grup hampir tidak nampak dan hanya seperti sinyal latar.

IV. KESIMPULAN

Spektrometer Fotoakustik Laser CO₂ Mobile yang dibangun di Lab. Fisika Atom dan Inti Jurusan Fisika FMIPA UGM telah terbukti dapat mendeteksi kadar konsentrasi gas aseton untuk relawan sehat, berpenyakit diabetes mellitus dan komplikasi (yaitu berpenyakit diabetes mellitus dan gagal ginjal). Kadar konsentrasi yang terdeteksi cukup signifikan perbedaannya yaitu (28 ± 4) ppbv untuk relawan sehat, (126 ± 30) ppv untuk relawan pasien

berpenyakit diabetes mellitus, dan (290 ± 80) ppbv untuk relawan pasien komplikasi (yaitu berpenyakit diabetes mellitus dan gagal ginjal). Nampak kadar konsentrasi untuk pasien komplikasi memiliki kadar konsentrasi gas aseton yang lebih tinggi kemungkinan selain karena keton body yang tidak terkontrol juga masih disumbang oleh kerusakan metabolisme tubuh lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada Jurusan Fisika FMIPA UGM yang telah membiaya pelaksanaan seminar ini, dan kepada Kelompok Kesenian UGM yang telah mengizinkan penggunaan gamelan untuk bahan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kalapos, M.P., 2003, On the mammalian acetone metabolism: from chemistry to clinical implications. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1621: 122-139.
- [2] Miekisch, W., and Schubert, J.K., 2006, "From highly sophisticated analytical techniques to life-saving diagnostics: Technical developments in breath analysis", *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 25, No. 7.
- [3] Navas, M.J., Jimenez, A.M. and Ausero., A.G. 2012, "Human biomarkers in breath by photoacoustic spectroscopy", *Clinical Chimica Acta*, 413(2012) 1171-1178.
- [4] Deng, C., Zhang, J., Yu, X., Zhang, W., dan Zhang, X., 2004, Determination of acetone in human breath by gas chromatography-mass spectrometry and solid-phase microextraction with on-fiber derivatization. *Journal of Chromatography B*, 810:269-275.
- [5] Miekisch, W., Schubert, J.K., and Noeldge-Schomburg, G.F.E., 2004, "Diagnostic potential of breath analysis – focus on volatile organic compounds," *Clinica Chimica Acta* 347 (2004) 25-39.
- [6] Harren, F.J.M., Cotti, G., Oomens, J., and Hekkert, S.L., 2000, *Photoacoustic Spectroscopy in Trace Gas Monitoring*, Encyclopedia of Analytical Chemistry edited by R.A. Meyer, p. 2203 – 2226..