

ARTIKEL RISET

Kinerja Spektrometer Fotoakustik Laser CO₂ untuk Deteksi Gas Etilen (C₂H₄), Aseton (C₃H₆O), Amonia (NH₃) pada Gas Hembus Perokok

Mahardika Yoga Darmawan, Mitrayana* dan Ali Joko Wasono

Abstrak

Kinerja spektrometer fotoakustik (SFA) telah dilakukan optimasi dan diaplikasikan. Karakterisasi SFA laser CO₂ meliputi pemayaran garis laser CO₂ dan garis serapan, penentuan kurva resonansi dan faktor kualitas, pengukuran *noise* sehingga diperoleh untuk faktor kualitas sebesar (14,5 ± 0,6), (14,8 ± 0,7), dan (14,2 ± 0,6) dan batas deteksi terendah untuk gas etilen, aseton, amonia pada garis 10P14, 10P20, 10R14 yaitu (57,1 ± 0,4) ppb, (63,8 ± 2,4) ppb, dan (81,1 ± 0,6) ppb. Selanjutnya SFA digunakan untuk mengukur konsentrasi gas etilen, aseton, amonia pada gas hembus perokok. Hasil pengukuran diolah menggunakan analisis multikomponen dan diperoleh konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton, amonia pada gas hembus perokok tertinggi sebesar 1,303 ppm, 0,924 ppm, dan 1,753 ppm. Pada kondisi sebelum merokok diperoleh konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton, amonia sebesar 0,873 ppm, 0,286 ppm, dan 1,137 ppm dan pada kondisi satu jam setelah merokok, konsentrasi gas hembus perokok diperoleh konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton, amonia sebesar 0,901 ppm, 0,305 ppm, dan 1,176 ppm. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ditemukan pola yang cukup identik yang ditunjukkan untuk ketiga jenis gas yaitu setelah 60 menit relawan merokok maka konsentrasi akhir gas etilen, aseton dan amonia akan sama dengan konsentrasi awalnya sebelum relawan merokok.

kata kunci: Spektrometer Fotoakustik Laser CO₂; perokok; analisis multikomponen

Abstract

Performance of photoacoustic spectrometer had been optimized and applied. The characterization performed included CO₂ laser and absorption lines scanning, determined resonance curve and quality factor, then measurement of noise thus obtained the quality factor of (14,5 ± 0,6), (14,8 ± 0,7), and (14,2 ± 0,6) and the lowest detection limit for this setup was (57,1 ± 0,4) ppb, (63,8 ± 2,4) ppb, and (81,1 ± 0,6) ppb for ethylene, acetone, ammonia gas in 10P14, 10P20, 10R14 CO₂ laser line. Then, this photoacoustic spectrometer was used to measure gas concentration of ethylene, acetone, ammonia breath sample of people. Gas retrieval method was done by offline and non invasive. The result from experiment show that photoacoustic spectrometer with multi-component analysis method and we obtained the high average of ethylene, acetone, ammonia gas concentration for human breath was 1.303 ppm, 0.924 ppm, dan 1.753 ppm. Before smoking, average of ethylene, acetone, ammonia gas concentration was 0.873 ppm, 0.286 ppm, dan 1.137 ppm, one hour after smoking, average of ethylene, acetone, ammonia gas concentration was 0.901 ppm, 0.305 ppm, dan 1.176 ppm. According to this research, there was unique result that one hour after smoking, the average of ethylene, acetone, ammonia gas concentration will be have same concentration value before the people smoking and improving concentration of gas result significantly after people smoking exactly.

keywords: CO₂ laser photoacoustic spectrometer; smoker; multicomponent analysis

*Korespondensi: mitrayana@ugm.ac.id

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara PO BOX BLS 21, 55281
Yogyakarta, Indonesia

Informasi lengkap tentang penulis dapat dilihat pada akhir artikel

1. Pendahuluan

Kebiasaan merokok sudah meluas di hampir semua kelompok masyarakat di Indonesia dan cenderung meningkat, terutama di kalangan anak dan remaja sebagai akibat gencarnya promosi rokok di berbagai media

massa. Hal ini memberi makna bahwa masalah merokok telah menjadi semakin serius, mengingat merokok berisiko menimbulkan berbagai penyakit atau gangguan kesehatan yang dapat terjadi baik pada perokok itu sendiri maupun orang lain di sekitarnya yang tidak merokok (perokok pasif). Indonesia menduduki peringkat ke-3 dengan jumlah perokok terbesar di dunia setelah China dan India. Pada tahun 2007, Indonesia menduduki peringkat ke-5 konsumen rokok terbesar setelah China, Amerika Serikat, Rusia dan Jepang.

Rendahnya kesadaran masyarakat tentang bahaya merokok yang ditunjukkan dengan mulai merokok pada kelompok usia 5-9 tahun. Konsumsi rokok paling rendah terjadi pada kelompok umur 15-24 tahun dan kelompok umur 75 tahun ke atas. Hal ini berarti kebanyakan perokok adalah generasi muda atau usia produktif. Selanjutnya pada daerah pedesaan, jumlah batang rokok yang dikonsumsi lebih banyak dibanding daerah perkotaan [1].

Asap rokok mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya diantaranya adalah nikotin, gas etilen, gas karbon monoksida, asetaldehida, nitrogen oksida, hidrogen sianida, amonia, dan masih banyak lagi. Salah satu gas yang terkandung dalam asap rokok yang merupakan gas karsinogen atau gas pemicu kanker adalah gas etilen [2].

Hasil pembakaran setiap batang rokok menghasilkan 1 μg gas etilen. Gas etilen merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan berbahaya karena gas etilen merupakan senyawa kimia yang labil. Gas etilen yang terdapat pada rokok akan menumpuk seiring lamanya waktu perokok [3].

Bahaya merokok pada usia di atas 40 tahun menurut Dr. Michael (1992-2005) dalam jurnal *Cancer Epidemiologi, Biomarker & Prevention* menyatakan bahwa dari 1.962 orang perokok dengan usia diatas 40 tahun, 38% mengalami kanker usus dan sisanya gangguan pernapasan akut (Kurnia, et al., 2006). Satu dari lima perokok pria dengan usia di atas 40 tahun di Amerika mengalami kematian akibat penyakit kardiovaskuler [4].

Analisis gas hembus napas manusia secara modern sudah dikembangkan sejak lama. Pada tahun 1969, analisis pernapasan modern telah dimulai. *Gas Chromatography* (GC) telah diterapkan untuk mendeteksi lebih dari 200 *Volatile Organics Compound* (VOC) yang berbeda dalam napas manusia. Perbedaan dari jumlah VOC antara orang sehat dan sakit juga terdeteksi di banyak penelitian lain. Pada pernapasan manusia normal telah teridentifikasi lebih dari 1000 jenis senyawa organik yang mudah menguap yang berada pada konsentrasi ppb sampai ppt. Sekitar 35 jenis senyawa diantaranya telah ditetapkan sebagai gas biomarker (penanda biologis) untuk penyakit tertentu [5].

Penemuan Linus Pauling pada tahun 1971 tentang senyawa organik yang mudah menguap (VOC) dalam gas hembus napas manusia [6]. Penemuan tersebut bersama dengan penelitian tentang napas manusia yang sudah lebih dulu dilakukan telah memicu ketertarikan riset tentang analisis gas hembus napas manusia untuk diagnosis suatu penyakit yang bersifat non invasive. Penelitian dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC) memang memiliki kemampuan deteksi hingga mencapai ppbv namun tidak cukup mudah untuk digunakan bila dibandingkan dengan menggunakan metode spektroskopi fotoakustik.

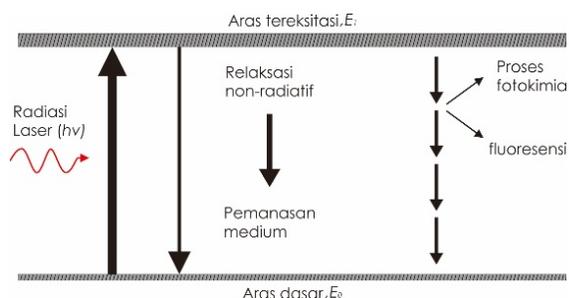
Spektroskopi fotoakustik (SFA) sebagai salah satu teknik spektroskopi yang telah banyak digunakan beberapa tahun terakhir ini terbukti cepat dan akurat dalam aplikasinya untuk mengukur konsentrasi berbagai macam gas pada gas hembus napas manusia. SFA secara luas digunakan dalam aplikasi pengukuran gas kelumit. SFA memiliki *range* yang lebar, kemudahan dalam penggunaan, memiliki selektivitas dan sensitivitas yang tinggi.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian mengenai aplikasi spektrometer fotoakustik laser CO_2 untuk mendeteksi gas amonia, etilen, dan aseton serta mengetahui nilai konsentrasinya dari gas hembus napas relawan perokok dengan usia antara 20-50 tahun.

2. Landasan Teori

Spektroskopi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara sumber radiasi dengan materi seperti padat, cair, dan gas. Gejala fotoakustik adalah fenomena perubahan energi foton yang berupa gelombang elektromagnetik menjadi gelombang akustik. Munculnya gelombang akustik karena sumber radiasi dimodulasi sehingga akan membangkitkan gelombang akustik. Secara luas dapat didefinisikan bahwa spektroskopi fotoakustik adalah ilmu yang mempelajari perubahan energi foton menjadi energi akustik dan berbagai peristiwa yang melingkupinya sebagai akibat dari interaksinya dengan materi.

Interaksi antara radiasi dengan materi dalam efek fotoakustik dapat dijelaskan sebagai berikut. Molekul akan menyerap foton jika energi foton tersebut beresesuaian dengan selisih energi transisi antara aras-aras tenaga molekul. Ketika molekul gas menyerap foton, maka molekul tersebut akan tereksitasi dari aras tenaga dasarnya E_0 ke aras eksitasi E_1 . Selisih energi ΔE antara dua aras tenaga tersebut sebesar $E_1 - E_0 = h\nu$, dengan h tetapan Planck dan ν frekuensi foton yang diserap molekul. Molekul tereksitasi tadi berada dalam keadaan stabil disertai disipasi energi melalui proses deeksitasi molekular. Proses deeksitasi molekular tersebut berlangsung melalui berbagai cara:



Gambar 1: Beberapa jenis proses yang terjadi pada molekul menuju aras dasar setelah menyerap radiasi laser ($h\nu$)

- 1 Molekul memancarkan radiasi foton sebagai de-eksitasi radiatif atau
- 2 Molekul melalui reaksi kimia, atau pengaturan ikatan kimia, disebut *fotokimia*.
- 3 Menumbuk molekul lain yang berjenis sama dan mengeksitasinya dari keadaan dasar E_0 ke aras tenaga yang lebih tinggi E_1 , disebut proses pemindahan tenaga antar sistem.
- 4 Molekul gas saling berbenturan dan sewaktu itu tenaga eksitasi diubah menjadi tenaga translasi atau tenaga kinetik yang mengakibatkan tenaga translasi dua molekul sesudah benturan lebih besar dibandingkan sebelum benturan. Hal tersebut akan menimbulkan pemanasan medium [7].

Relaksasi tumbukan bertanggung jawab pada terjadinya efek fotoakustik. Pada rentang radiasi inframerah menyebabkan transmisi vibrasi-rotasi, tekanan yang sangat rendah [8]. Jika molekul dimodulasi intensitasnya secara periodik, maka akan terjadi perbedaan tekanan yang menyebabkan gelombang akustik, yang dapat dideteksi dengan mikrofon.

Gelombang akustik dalam sel fotoakustik dideteksi menggunakan mikrofon yang biasanya diletakkan di tengah sel yang mana amplitudo gelombang akustiknya maksimum. Selanjutnya dihasilkan sinyal fotoakustik elektrik yang sebanding dengan daya radiasi, sifat sel (tetapan sel dan daya tanggap mikrofon), koefisien serapan dan konsentrasi sampel dalam sel [8]. Sinyal ini dikuatkan dan ditampilkan melalui penguat *lock-in*.

3. Metodologi Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan yaitu gas CO_2 , N_2 dan He dengan konsentrasi 99% sebagai medium aktif laser CO_2 . Gas etilen sebagai gas kalibrator yang akan digunakan untuk mendapatkan kurva linearitas. Larutan aseton dan amonia yang nantinya akan diambil gasnya yang akan digunakan sebagai kalibrator. *Scrubber* KOH dan CaCl_2 untuk menyerap air dan

CO_2 pada gas hembus yang dideteksi. *Aquades* untuk mendinginkan tabung laser CO_2 dan alkohol 95% yang digunakan untuk membersihkan alat penutup selang serta selang yang digunakan pada bag sampel. Sampel gas hembus napas manusia dari relawan orang yang merokok.

Pengukuran gas etilen, aseton dan amonia pada gas hembus napas manusia dengan konfigurasi seperti Gambar . Sebelum dilakukan pengukuran sampel, terlebih dahulu menghidupkan laser CO_2 sampai terjadi proses *lasing* yang optimal, ditandai dengan terbacanya daya keluaran pada *power meter*. Selanjutnya, sampel nafas dalam sample bag yang telah dilewatkan *scrubber* diambil secukupnya, kemudian dimasukkan ke dalam sel fotoakustik dan dikenai radiasi laser CO_2 termodulasi. Gelombang akustik yang timbul di dalam sel fotoakustik akan ditangkap oleh mikrofon. Sinyal yang dihasilkan akan diperkuat dengan menggunakan *lock-in amplifier* dan diubah menjadi data digital oleh ADC, kemudian direkam dan dicatat oleh komputer.

4. Hasil Dan Pembahasan

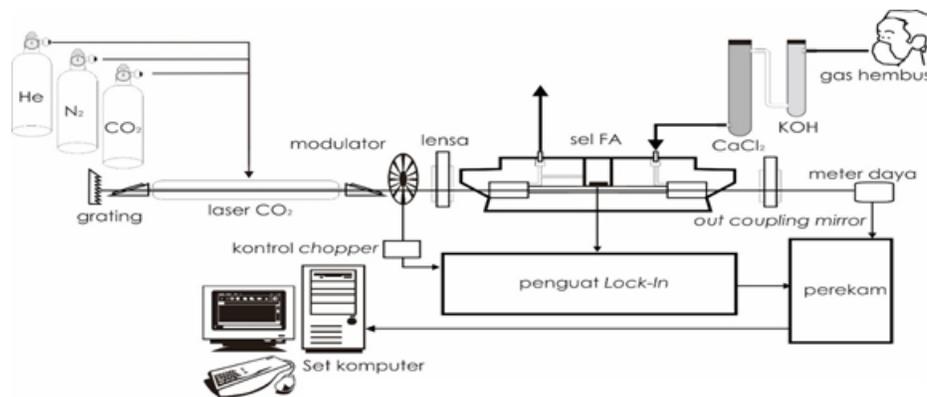
4.1. Pemayaran Garis Laser CO_2

Gambar 3 merupakan empat grup garis laser yang berhasil direkam yaitu 9P, 9R, 10P, 10R dengan daya intrakavitas maksimal terdapat pada garis 10P20 sebesar 36 W.

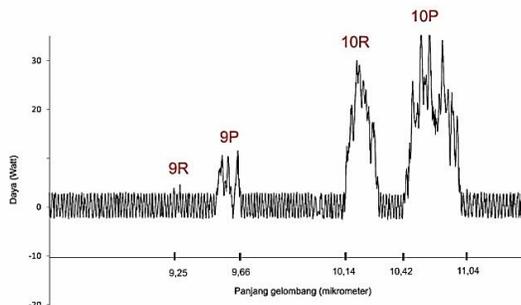
Pemayaran dilakukan untuk memastikan bahwa sampel yang akan beresonansi maksimal dengan salah satu garis laser, selain itu pemayaran akan memberikan informasi besar daya tiap garisnya sehingga akan berpengaruh terhadap batas deteksi terendah. Gambar 4 merupakan gambaran hasil pemayaran garis laser dan garis serapan gas etilen, Sedangkan Gambar 5 merupakan gambaran hasil pemayaran garis laser beserta garis serapan gas aseton dan untuk Gambar 6 merupakan gambaran hasil pemayaran garis laser beserta garis serapan gas ammonia.

Pemayaran akan memberikan informasi besar daya laser tiap garisnya yang berpengaruh terhadap batas deteksi alat. Pada penelitian ini, didapatkan spektrum garis serapan laser CO_2 terdapat 4 grup.

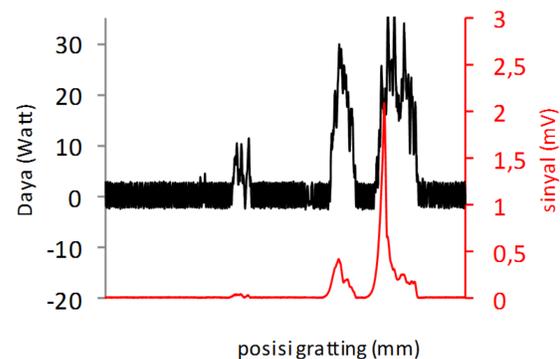
Gambar 7 merupakan kestabilan daya yang diperoleh dari hasil operasi yang dilakukan selama 1 jam. Dari gambar tersebut, terlihat bahwa tidak adanya penurunan pada grafik, yang berarti bahwa daya yang dipakai cukup stabil. Kestabilan daya laser *flowing system* dapat dipengaruhi oleh turbulensi aliran gas medium aktif, namun faktor ini bisa diminimalisir dengan melakukan normalisasi sinyal fotoakustik terhadap daya lasernya. Kestabilan daya di garis 10R14 yang merupakan garis serapan amonia menunjukkan bahwa daya cukup stabil di 17 watt, sedangkan untuk etilen dan aseton berturut-turut di 20 watt, dan 28 watt.



Gambar 2: Skema rangkaian pengukuran konsentrasi aseton sampel nafas menggunakan alat spektrometer fotoakustik.



Gambar 3: Spektrum daya intrakavitasi laser CO₂.



Gambar 4: Hasil pemayaran garis laser dan serapannya terhadap gas etilen.

4.2. Kurva Resonansi dan Faktor Kualitas (Q)

Konfigurasi SFA Sel fotoakustik yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe resonan. Sel fotoakustik tipe resonan dipilih karena mampu meningkatkan amplitudo sinyal fotoakustik dan menekan sinyal latar. Agar terjadi resonansi dan penguatan sinyal, maka pada konfigurasi ini modulasi chopper perlu diset pada frekuensi alamiah selnya. Gambar 7 merupakan kurva resonansi sinyal fotoakustik untuk gas etilen standar dengan frekuensi resonansi f_0 sebesar (1650 ± 5) Hz. Frekuensi resonansi merupakan gambaran resonansi alamiah yang mana terjadi resonansi. Pada pengukuran ini menggunakan konsentrasi gas standar etilen, aseton, dan amonia sembarang, dengan memvariasi nilai frekuensi resonansi pada *chopper* di garis 10P14, 10P20, 10R14 terdapat pada frekuensi 1650 Hz.

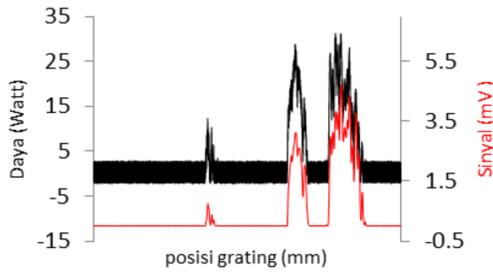
4.3. Kalibrasi, Linearitas terhadap Gas Standar dan Analisis Multikomponen

Grafik hubungan antara sinyal fotoakustik ternormalisasi dengan masing-masing konsentrasi gas standar ditunjukkan pada Gambar 9 untuk gas etilen, Gambar

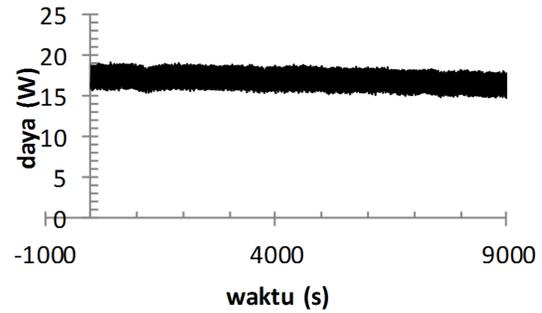
10 untuk gas aseton dan Gambar 11 untuk gas amonia. Linearitas untuk ketiga gas berturut-turut diperoleh dengan memposisikan grating pada garis serapan 10P14 untuk etilen, 10P20 untuk aseton, dan 10R14 untuk amonia serta kelinearan yang cukup baik untuk ketiga gambar yang ditandai faktor koreksi ≈ 1 .

Ketiga grafik linearitas di atas menunjukkan bahwa semua garis penghubung titik-titik data tidak ada yang melewati pusat sumbu (0,0), hal tersebut menunjukkan adanya sinyal latar untuk ketiga gas standar tersebut.

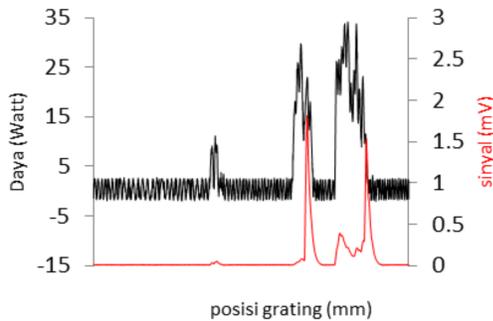
Sistem analisis multikomponen adalah analisa sampel dengan beberapa kandungan gas yang berbeda (lebih dari satu jenis gas). Beberapa komponen gas yang digunakan adalah etilen, aseton, dan amonia. Analisa dapat dilakukan dengan mengukur sinyal fotoakustik pada setiap set panjang gelombang yang dipilih berdasarkan spektrum serapan dari komponen gas. Tilden menyatakan bahwa jika masing-masing gas dalam suatu campuran menyerap pada satu garis laser CO₂



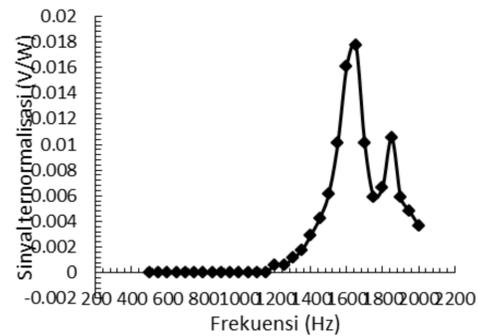
Gambar 5: Hasil pemayaran garis laser dan serapannya terhadap gas aseton.



Gambar 7: Kestabilan daya laser CO₂ dengan *Chopper* pada garis 10R14.



Gambar 6: Hasil pemayaran garis laser dan serapannya terhadap gas aseton.



Gambar 8: Kurva resonansi gas etilen pada garis 10P14.

yang sama maka pendekatan klasik dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi komponen-komponen campuran dengan menyelesaikan persamaan simultan [9]. Persamaan hubungan sinyal ternormalisasi dengan konsentrasi gas, didapatkan:

$$\begin{bmatrix} (S/P)_1 \\ (S/P)_2 \\ (S/P)_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0295 & 0,0011 & 0,0011 \\ 0,0119 & 0,014 & 0,0121 \\ 0,0005 & 0,0002 & 0,0247 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}$$

Untuk menghitung konsentrasi masing-masing komponen gas dalam suatu cuplikan, maka dilakukan *invers matrix* dari nilai yang didapatkan tersebut, sehingga didapatkan :

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 35,010339 & -2,7477681 & -0,2130922 \\ -29,351669 & 74,235621 & -35,059278 \\ -0,4710460 & -0,5454753 & 40,774024 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (S/P)_1 \\ (S/P)_2 \\ (S/P)_3 \end{bmatrix}$$

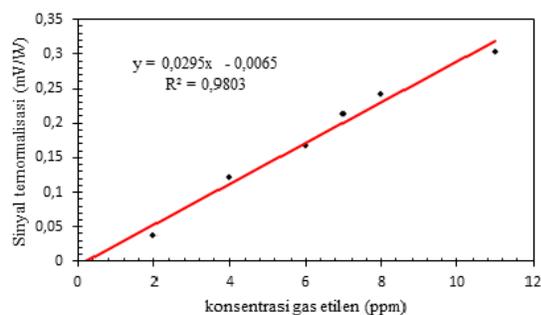
4.4. Pengukuran Noise dan Batas Deteksi Terendah (BDT)

Gambar 12 memperlihatkan grafik *noise* (derau) yang diukur ketika sumber radiasi dimatikan. Sinyal *noise* yang muncul pada *lock-in* yaitu sinyal yang berasal dari sistem aliran gas dan sinyal yang berasal dari komponen listrik.

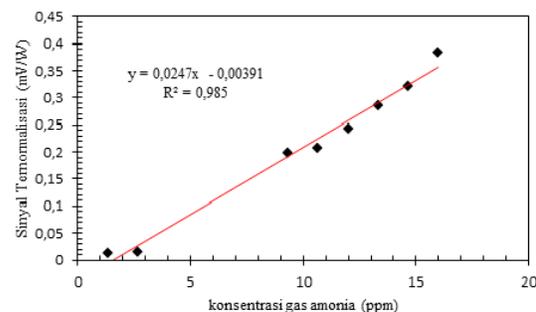
Sinyal *noise* (derau) diperoleh setelah melakukan perekaman sekitar 10 menit dengan sensitivitas *lock-in* sebesar 300 mV dan sumber radiasi dimatikan. Untuk gas etilen didapatkan *noise* sebesar $(1,7 \pm 0,2) \times 10^{-3} \text{ mV}/\sqrt{\text{Hz}}$, sedangkan untuk aseton dan amonia berturut-turut adalah $(1,7 \pm 0,2) \times 10^{-4} \text{ mV}/\sqrt{\text{Hz}}$ dan $(1,7 \pm 0,2) \times 10^{-5} \text{ mV}/\sqrt{\text{Hz}}$.

Noise dipengaruhi beberapa faktor seperti getaran dari pompa air, HV, pompa vakum, apalagi ketiga sumber getaran tersebut akan terasa lebih kuat dan menjadi sumber *noise* karena ditempatkan pada satu papan.

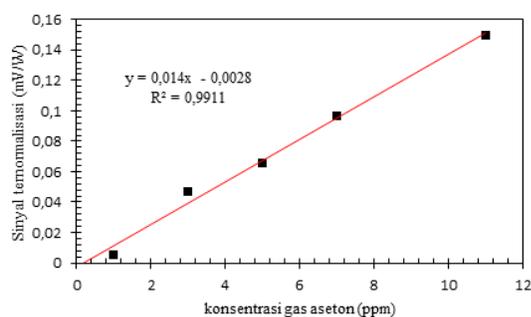
Untuk mencari ukuran kepekaan SFA CO₂ adalah dengan mencari Batas Deteksi Terendah (BDT). BDT gas etilen standar dalam SFA dihitung dengan menggunakan persamaan $BDT = \frac{C}{S_n/N}$ sehingga nilai BDT



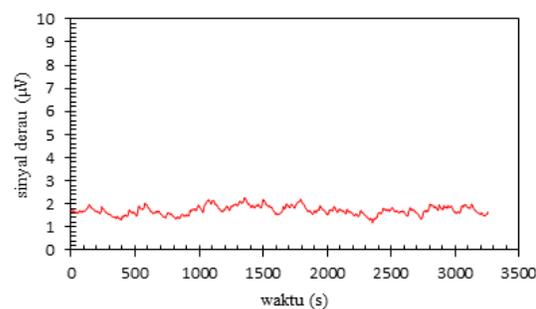
Gambar 9: Linearitas gas etilen pada garis 10P14.



Gambar 11: Linearitas amonia pada garis 10R14.



Gambar 10: Linearitas gas aseton pada garis 10P20.



Gambar 12: Sinyal derau pada sistem fotoakustik konfigurasi intrakavitas.

dalam penelitian ini adalah $57,1 \pm 0,4$ ppbV, sedangkan BDT gas aseton standar dan amonia standar berturut-turut adalah 64 ± 2 ppbV dan $81,1 \pm 0,6$ ppbV.

4.5. Aplikasi SFA untuk Deteksi Gas Etilen, Amonia, dan Aseton pada Sampel Gas Relawan Perokok

4.5.1. Teknik Pengambilan Sampel

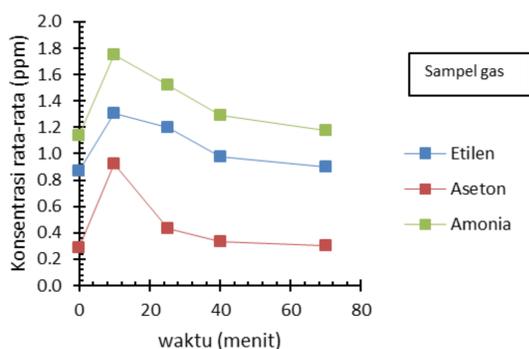
Pada penelitian ini, penulis melakukan pengambilan sampel secara *offline*. Teknik ini merupakan teknik dimana sampel ditampung dalam sample bag kemudian dialirkan ke sel fotoakustik laser CO₂. Pada dasarnya, teknik pengambilan sampel terbagi menjadi dua cara, yakni secara *online* dan *offline*. Teknik pengambilan sampel secara *online* merupakan teknik dimana relawan langsung menghembuskan nafas pada spektrometer fotoakustik laser CO₂ untuk dideteksi secara langsung, sehingga bisa didapatkan hasil pengukuran yang real time. Namun, teknik secara *online* tidak memungkinkan dilakukan oleh penulis, karena selain keterbatasan alat sehingga teknik pengambilan sampel secara *online* sulit dilakukan.

Tempat penampungan sampel yang penulis gunakan dalam eksperimen ini yaitu berupa sample bag yang ditunjukkan pada Gambar 13 dan memiliki klasifikasi sebagai berikut:

- 1 Merk: SKC FlexFoil Plus Sample bag
- 2 Bahan: Polypropylene
- 3 Ukuran: tebal 4 lapis (5 mil), dengan volume maksimal 3 liter

Lainnya: Stabilitas penyimpanan yang baik untuk ppm rendah, baik untuk CO, CO₂, metana, hidrogen, dan SF₆. Untuk memudahkan pengambilan nafas dari relawan penulis memodifikasi filter masukan dengan cara menyambungkannya menggunakan selang sekali pakai yang memiliki diameter lebih besar.

Pengambilan sampel gas hembus dilakukan pada pagi hari jam 09.00. Relawan diambil gas hembusnya sebelum merokok agar dapat mengetahui konsentrasi awal gas etilen, aseton, dan amonia kemudian diberikan perlakuan yakni merokok sebanyak 1 batang rokok selama 10 menit. Setelah kira-kira 10 menit relawan merokok kemudian diambil gas hembusnya langsung, 15, 30, dan 60 menit setelah relawan merokok. Saat pengambilan dengan menggunakan sample bag, Penulis memberikan instruksi untuk menarik nafas sedalam mungkin, kemudian nafas ditahan, dan dihembuskan ke selang hembus yang terhubung dengan sample bag yang telah diberikan KOH dan CaCl₂ pada jalur alirannya yang berfungsi untuk mengurangi karbondioksida dan uap air yang terkandung dalam pernafasan.

Gambar 13: SKC *sample bag*.

Gambar 14: Grafik konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton, dan amonia pada relawan perokok terhadap waktu.

4.5.2. Hasil Pengukuran Konsentrasi Sampel Nafas Relawan Rokok

Berikut adalah grafik konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton, dan amonia pada sampel napas perokok yang ditunjukkan pada Gambar 14.

Nilai konsentrasi gas etilen, aseton dan amonia pada sampel gas hembus relawan perokok diperoleh melalui perhitungan dengan menggunakan data dari sinyal ternormalisasi. Sinyal ternormalisasi merupakan hasil pembagian sinyal FA dan daya yang terbaca pada labVIEW. Sinyal ternormalisasi yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan multikomponen. Nilai konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton dan amonia tertinggi diperoleh pada saat tepat relawan telah merokok yaitu sebesar 1.303 ppm, 0.924 ppm, dan 1.753 ppm. Sesuai dengan grafik Gambar 14 terlihat pola yang cukup identik untuk ketiga jenis gas yaitu setelah 60 menit relawan merokok maka konsentrasi akhir gas etilen, aseton dan amonia akan sama dengan kon-

sentrisi awalnya sebelum relawan merokok. Sebelum relawan merokok konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton dan amonia diperoleh sebesar 0.873 ppm, 0.286 ppm, dan 1.137 ppm. Setelah 60 menit relawan merokok konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton dan amonia diperoleh sebesar 0.901 ppm, 0.305 ppm, dan 1.176 ppm.

Berdasarkan Mathew (2015) [10] mengenai diagnosis klinis menggunakan analisis ekspirasi pernapasan manusia, diketahui bahwa kandungan amonia orang sehat sebesar 0,5 – 2 ppm [10]. Data yang diperoleh untuk gas amonia relawan perokok terlihat bahwa konsentrasi amonia yang diperoleh termasuk dalam kategori orang sehat. Menurut penelitian Wang (2009) [5], Batas konsentrasi gas aseton pada orang sehat adalah dibawah 0,85 ppm [5], Sedangkan data konsentrasi rata-rata aseton yang diperoleh pada pada penelitian ini mencapai 0.924 ppm saat tepat relawan telah merokok. Pada napas orang yang sehat tidak merokok, gas etilen diproduksi berkisar di bawah 1 ppb, sedangkan data yang diperoleh untuk orang dengan kebiasaan merokok berada diatas 1 ppb sehingga kesimpulan bahwa gas etilen yang terdapat pada rokok akan menumpuk seiring lamanya waktu perokok terbukti sesuai. Dari perubahan konsentrasi rata-rata aseton dan etilen yang cukup signifikan dapat disimpulkan bahwa telah terjadi perubahan metabolisme pada tubuh terutama pada proses peroksidasi lipid.

Hasil konsentrasi gas etilen untuk perokok sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Giubileo yang telah melakukan penelitian tentang konsentrasi gas etilen pada gas hembus perokok yang diukur sebelum dan sesudah merokok [11]. Pola grafik untuk konsentrasi gas etilen pada gas hembus perokok setelah merokok. Meskipun belum ada penelitian yang membahas mengenai konsentrasi gas aseton dan amonia pada perokok pola grafik untuk konsentrasi gas etilen pada gas hembus perokok setelah merokok menunjukkan bahwa penelitian ini sudah sesuai dengan berbagai penelitian yang sudah dilakukan. Adanya perbedaan nilai variabel konsentrasi dengan penelitian sebelumnya karena beberapa faktor diantaranya intensitas merokok relawan, cara, dan waktu pengambilan sampel gas hembus.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

- 1 Spektrometer fotoakustik telah menunjukkan kinerja yang baik dalam pengukuran gas hembus relawan perokok serta menghasikan batas deteksi terendah untuk gas etilen, aseton, dan amonia

berturut-turut sebesar $(57, 1 \pm 0, 4)$ ppb pada garis 10P14, $(63, 8 \pm 2, 4)$ ppb pada garis 10P20, dan $(81, 1 \pm 0, 6)$ ppb pada garis 10R14.

- 2 Daya intrakavitas maksimal sebesar 36 W dan memiliki faktor kualitas untuk garis 10P14, 10P20, dan 10R14 sebesar $(14, 5 \pm 0, 6)$, $(14, 8 \pm 0, 7)$, dan $(14, 2 \pm 0, 6)$
- 3 Daya stabil pada garis 10P14, 10P20, dan 10R14 adalah 20 W, 28 W, dan 17 W
- 4 Nilai konsentrasi rata-rata gas etilen, aseton, dan amonia tertinggi pada perokok sebesar 1.303 ppm, 0.924 ppm, dan 1.753 ppm saat tepat relawan selesai merokok.
- 5 Pola yang cukup identik ditunjukkan untuk ketiga jenis gas yaitu setelah 60 menit relawan merokok maka konsentrasi akhir gas etilen, aseton dan amonia akan sama dengan konsentrasi awalnya sebelum relawan merokok.

5.2. Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Pemeliharaan dan kalibrasi alat spektrometer FA agar tetap menghasilkan hasil ukur yang konsisten dan tetap akurat dan perlu dilakukan penggantian detektor supaya didapatkan pengukuran daya yang lebih sensitif serta meminimalisir sinyal derau.
- 2 Tidak diabaikannya faktor lain pada penelitian selanjutnya dan membandingkan konsentrasi gas

etilen, aseton, dan amonia napas perokok pada jenis kelamin yang berbeda.

Pustaka

1. Kemenkes: Pedoman Pengembangan Kawasan Tanpa Rokok. Pusat Promosi Kesehatan, Jakarta (2011)
2. IARC: Tobacco smoke and involuntary smoking. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum **1**, 83 (2004)
3. IARC: Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2l. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum **1**, 88 (2006)
4. Andarmoyo, Sulisty, Nurhayati, T.: Laki-Laki Dan Riwayat Keluarga Dengan Penyakit Jantung Koroner (PJK) Beresiko Terhadap PJK. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo, Jawa Timur (2008)
5. Wang, C., Sahay, P.: Breath analysis using laser spectroscopic techniques: Breath biomarkers, spectral fingerprints, and detection limits. *Sensors* **1**(9), 8230–8262 (2009)
6. Miekisch, W., Schubert, J.K., Noeldge-Schomburg, G.F.: Diagnostic potential of breath analysis focus on volatile organic compounds. *Clinica Chimica Acta* **1**(347), 25–39 (2004)
7. Rosencwaig, A.: Photoacoustic and Photoacoustic Spectroscopy. John Wiley and Sons, New York (1980)
8. Wasono, M.: Spektrometer Fotoakustik Untuk Pelacakan Gas
9. Murniati: Metode Deteksi Beberapa Jenis Gas Polusi Udara Dengan Spektrometer Fotoakustik Laser CO₂
10. Mathew: Technologies for clinical diagnosis using expired human breath analysis. *Journal Diagnostics*, 28–60 (2015)
11. Giubileo, G., Puiu, A.P., Dumitras, D.C.: Detection of ethylene in smokers breath by laser photoacoustic spectroscopy. ENEA (Italy) (2004)