

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelusuran penulis pada berbagai referensi, terdapat beberapa penelitian yang relevan dan terkait penelitian kali ini diantaranya yaitu:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Grossel dkk pada tahun 2007 dengan judul *Optimization of a compact photoacoustic quantum cascade laser spectrometer for atmospheric flux measurements: application to the detection of methane and nitrous oxide* yang dimuat dalam jurnal Applied Physic B. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi gas metana dan *nitrous oxide* dengan menggunakan *quantum cascade laser (QCL)*. Sistem yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dikembangkan untuk membuat sensor yang sensitif dan sederhana. Hasil yang didapatkan dalam pengukuran metana adalah 34 ppb dan *nitrous oxide* adalah 14 ppb di udara pada tekanan atmosfer. Keuntungan yang diperoleh dari sistem ini adalah kemudahan penggunaan, bekerja pada tekanan atmosfer, dan memungkinkan pengukuran real-time dengan kecepatan yang cukup tinggi.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Lulu Qiuntriani Jisura pada tahun 2010 dengan judul *Penggunaan Detektor Fotoakustik untuk Pengukuran Konsentrasi Etanol yang Diproduksi oleh Apel yang Disimpan dalam Gas Nitrogen* di Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan sumber cahaya laser CO<sub>2</sub> dengan menggunakan 2 garis laser yaitu 10P16 dan 10P18. Kedua garis laser tersebut mempunyai koefisien serapan etanol yang kecil yaitu masing-masing garis laser koefisien serapannya adalah 0,007 cm<sup>-1</sup> dan 0,006 cm<sup>-1</sup>. Detektor fotoakustik berbasis laser CO<sub>2</sub> dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi etanol. Penelitian ini dilakukan dengan variasi lama penyimpanan apel dalam gas nitrogen. Dari hasil penelitian didapat bahwa apel terus menerus memproduksi etanol setiap waktunya selama berada dalam gas nitrogen. Jumlah etanol yang diproduksi apel dipengaruhi seberapa lama apel berada dalam keadaan kekurangan oksigen. Semakin lama apel disimpan dalam keadaan kekurangan oksigen, jumlah etanol semakin banyak.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Bayu Ariwanto yang dipublikasikan pada tahun 2012 dengan judul *Pendayagunaan Sensor Pergeseran Serat Optik untuk Pendeteksian Sinyal Fotoakustik pada Bahan Cairan AL(OH)<sub>3</sub>* di Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengungkapkan bahwa sensor pergeseran serat optik dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal fotoakustik bahan cairan AL(OH)<sub>3</sub> dengan konsentrasi yang bervariasi. Sumber cahaya yang termodulasi dikenakan pada sel fotoakustik yang berisi sampel larutan AL(OH)<sub>3</sub>. Hasil yang didapatkan bahwa pada sumber cahaya laser diode berwarna hijau dengan daya 30mW, sensor pergeseran serat optik tidak dapat mendeteksi sinyal fotoakustik pada

bahan cairan  $AL(OH)_3$  begitu juga ketika dilakukan eksperimen dengan menggunakan sumber cahaya laser Nd:YAG dan digunakan transduser ultrasonik. Hasil yang didapatkan bukan merupakan sinyal fotoakustik melainkan sinyal yang berasal dari *shock wave*.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Mitrayana dkk yang dipublikasikan pada tahun 2012 dengan judul *Optimasi Spektrometer Fotoakustik Laser CO2 dan Aplikasinya dalam Pendeteksian Konsentrasi Etilen di dalam Tanah* pada Prosiding Pertemuan XXV HFI Jateng dan DIY. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi kinerja spektrometer fotoakustik konfigurasi ekstrakavitas bersumber laser CO2 dengan detektor mikrofon yang dihubungkan ke *lock-in amplifier* untuk mendeteksi etilen ( $C_2H_4$ ) di dalam tanah. Berlokasi di kawasan hutan biologi Universitas Gajah Mada (UGM), Etilen di dalam tanah diperoleh sebesar  $(0,6 \pm 0,3)$  ppm untuk daerah selatan,  $(1,1 \pm 0,2)$  ppm untuk daerah tengah dan  $(2,2 \pm 0,5)$  ppm untuk daerah utara.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Wolff dkk yang dipublikasikan tahun 2013 dengan judul *Photoacoustic Methane Detection Using A Novel DFB-Type Diode Laser at 3,3 $\mu$ m* pada jurnal yang termuat di Elsevier edisi *Sensors and Actuators B: Chemical*. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi metan dengan memanfaatkan laser dioda jenis DFB pada panjang gelombang 3,3  $\mu$ m menggunakan detektor mikrofon *electret condenser* (Primo EM-158N) yang dihubungkan dengan *lock in amplifier*. Panjang gelombang dari laser dapat diatur antara 3,32675  $\mu$ m

dan 3,33075  $\mu\text{m}$  dengan cara merubah arus sebesar 0,027 nm/mA dan suhu sebesar 0,28 nm/ $^{\circ}\text{C}$ . Sinyal fotoakustik yang diperoleh berada pada range 3,328  $\mu\text{m}$  dan 3,329  $\mu\text{m}$ . Terdapat rasio perbedaan kira-kira 20% jika dibandingkan dengan serapan metan pada range tersebut. Pada suhu tinggi diperoleh penyimpangan terbesar pada saat panjang gelombang tertinggi.

6. Penelitian yang dilakukan oleh Zhou dkk pada tahun 2015 dengan judul *Detection of Dissolved Carbon Monoxide in Transformer Oil Using 1.567  $\mu\text{m}$  Diode Laser-Based Photoacoustic Spectroscopy* yang dimuat dalam jurnal Hindawi Publishing Corporation Journal of Spectroscopy. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi karbon monoksida (CO) yang terlarut pada minyak transformator (minyak isolasi) yang memanfaatkan laser dioda dengan panjang gelombang 1,567 $\mu\text{m}$  menggunakan detektor mikrofon (EK-3024) yang dihubungkan ke *lock-in amplifier*. Pengujian dilakukan dengan enam sampel gas CO dengan jumlah yang berbeda. Banyaknya gas CO berturut-turut dari sampel satu sampai enam yaitu sebesar 5003,8  $\mu\text{L/L}$ ; 2000,6  $\mu\text{L/L}$ ; 1002,3  $\mu\text{L/L}$ ; 852,7  $\mu\text{L/L}$ ; 673,9  $\mu\text{L/L}$ ; 550,3  $\mu\text{L/L}$ . Deteksi yang dihasilkan oleh metode spektroskopi fotoakustik berturut-turut dari sampel satu sampai enam yaitu sebesar 5019,4  $\mu\text{L/L}$ ; 2012,7  $\mu\text{L/L}$ ; 1011,5  $\mu\text{L/L}$ ; 860,9  $\mu\text{L/L}$ ; 682,1  $\mu\text{L/L}$ ; 559,8  $\mu\text{L/L}$ . Dari data tersebut didapati error yang dihasilkan oleh pengukuran tidak lebih dari 2% ( berturut turut dari sampel satu sampai sampel enam yaitu 0,31%; 0,61%; 0,92%; 1,08%; 1,22%; 1,75%).

7. Penelitian yang dilakukan oleh Agung Dwi Prasetyo pada tahun 2016 dengan judul *Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Alkohol pada Minuman Menggunakan Sensor Gas MQ-3 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno* di Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat ukur kadar alkohol pada minuman dan pengujiannya. Alat ukur yang dibuat menggunakan sensor gas MQ-3, Arduino Uno, LCD 16x2, konektor USB dengan sumber tegangan 5V dan komponen lainnya. Minuman beralkohol dibuat dengan kadar yang bervariasi yang diuji dengan metode *gas chromatography*. Karakteristik dari alat ukur kadar alkohol adalah waktu stabil yaitu pada menit ke-10 dengan nilai akurasi sebesar 73,18% dan nilai presisi sebesar 82,68%.
8. Penelitian yang dilakukan oleh Pernau dkk yang dipublikasikan pada tahun 2016 dengan judul *Resonant photoacoustic CO<sub>2</sub> spectroscopy with LED light source* pada jurnal yang termuat di Elsevier edisi *Procedia Engineering*. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menggunakan sumber cahaya LED dengan panjang gelombang 4.3  $\mu\text{m}$  dan detektor mikrofon MEMS yang dihubungkan ke *lock-in amplifier*. Detektor ini menggunakan prinsip fotoakustik dengan desain sederhana. Sumber cahaya LED frekuensinya dapat dimodulasi antara 0,5 dan 10 kHz. Tegangan sinyal keluaran mikrofon diukur dan dianalisis dengan *lock-in amplifier*. Frekuensi sinyal akustik dari CO<sub>2</sub> yang terdeteksi yaitu berada pada rentang frekuensi antara 1,5 dan 2.6 kHz.

9. Penelitian yang dilakukan oleh Wang yang dipublikasikan pada tahun 2016 dengan judul *Ammonia, Carbon Dioxide and Water Vapor Detection Based Ontunable Fiber Laser Photoacoustic Spectroscopy* pada jurnal yang termuat di Elsevier edisi *Journal Optic*. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mendeteksi amonia, karbon dioksida dan *water vapor* menggunakan *Tunable Erbium-Doped Fiber Laser* (TEDFL) dengan detektor mikrofon yang dihubungkan ke *lock-in amplifier* jenis SR830. Laser ini dapat diatur panjang gelombangnya dari 1518 nm sampai dengan 1576 nm sesuai dengan panjang gelombang serapan tiap objek yang akan dideteksi. Ketika mendeteksi amonia panjang gelombang disetel pada 1522,4 nm, untuk karbon dioksida disetel pada 1572,6 nm sedangkan untuk *water vapor* disetel pada 1519,2 nm. Batas deteksi minimum yang diperoleh dari pengukuran berbeda setiap objeknya, untuk amonia sebesar 6 ppb, untuk karbon dioksida sebesar 5 ppm sedangkan untuk *water vapor* sebesar 29 ppm.
10. Penelitian yang dilakukan oleh Gilang Kurniawan Dian Pangestu pada tahun 2016 dengan judul *Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Spektroskopi Fotoakustik Laser Hijau* di Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan menguji sistem akuisisi data spektroskopi fotoakustik laser hijau. Sistem dibuat pada akrilik ukuran 45 x 29,5 x 40,5 cm dengan komponen *green laser 303* (dilengkapi modulator laser) sebagai sumber radiasi dan mikrofon ATR 3350iS sebagai detektor

sinyal fotoakustik. Dalam melakukan pengujian, sistem dihubungkan ke laptop Asus X454W dengan *software* perekaman dan pengolahan data yaitu *Audacity*. Pengujian dilakukan dalam empat kondisi, yaitu uji tanpa ada laser, uji dengan laser tanpa modulasi, uji dengan laser termodulasi tanpa sampel, uji dengan laser termodulasi dengan sampel yaitu sampel kayu. Hasil ujinya, pada kondisi tanpa ada laser dan ada laser tanpa modulasi, sistem belum mendeteksi adanya sinyal fotoakustik sedangkan pada kondisi ada laser termodulasi tanpa sampel dan dengan sampel kayu, mikrofon mendeteksi adanya sinyal fotoakustik dengan jangkauan frekuensi modulasi laser 1000 – 9981 Hz dan jangkauan frekuensi sinyal fotoakustik yang terbaca 1454,2 Hz – 7478 Hz.

Bila dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya ada beberapa perbedaan yang dilakukan pada penelitian kali ini. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Perbandingan penelitian kali ini dengan penelitian sebelumnya

No	Nama	Judul Penelitian	Metode	Parameter	Objek
1	Grossel dkk (2007)	<i>Optimization of a compact photoacoustic quantum cascade laser spectrometer for atmospheric flux measurements: application to the detection of methane and nitrous oxide</i>	<i>Quantum cascade laser (QCL)</i>	Sinyal fotoakustik	Metana dan nitrous oxide
2	Jisura (2010)	Penggunaan Detektor Fotoakustik untuk Pengukuran Konsentrasi Etanol yang Diproduksi oleh Apel yang Disimpan dalam Gas Nitrogen	Laser CO <sub>2</sub>	Sinyal fotoakustik	Konsentrasi etanol pada buah apel

Tabel 2.1 Lanjutan

No	Nama	Judul Penelitian	Metode	Parameter	Objek
3	Ariwanto (2012)	Pendayagunaan Sensor Pergeseran Serat Optik untuk Pendeteksian Sinyal Fotoakustik pada Bahan Cairan AL(OH) <sub>3</sub>	Dioda laser Hijau dan laser Nd:YAG	Sinyal fotoakustik	Cairan AL(OH) <sub>3</sub>
4	Mitrayana dkk (2012)	Optimasi Spektrometer Fotoakustik Laser CO <sub>2</sub> dan Aplikasinya dalam Pendeteksian Konsentrasi Etilen di dalam Tanah	Laser CO <sub>2</sub>	Sinyal fotoakustik	Gas Etilen
5	Wolf dkk (2013)	<i>Photoacoustic Methane Detection Using A Novel DFB-Type Diode Laser at 3,3<math>\mu</math>m</i>	Laser DFB	Sinyal fotoakustik	Metana
6	Zhou dkk (2015)	<i>Detection of Dissolved Carbon Monoxide in Transformer Oil Using 1.567 <math>\mu</math>m Diode Laser-Based Photoacoustic Spectroscopy</i>	Laser DFB	Sinyal fotoakustik	Karbon monoksida
7	Prasetyo (2016)	Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Alkohol pada Minuman Menggunakan Sensor Gas MQ-3 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno	Sensor MQ-3	Gas	Cairan Beralkohol
8	Pernau dkk (2016)	<i>Resonant photoacoustic CO<sub>2</sub> spectroscopy with LED light source</i>	LED	Sinyal fotoakustik	Karbon dioksida
9	Wang (2016)	<i>Ammonia, Carbon Dioxide and Water Vapor Detection Based Ontunable Fiber Laser Photoacoustic Spectroscopy</i>	<i>Tunable Erbium-Doped Fiber Laser (TEDFL).</i>	Sinyal fotoakustik	Amonia, karbon dioksida dan water vapor
10	Kurniawan (2016)	Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Spektroskopi Fotoakustik Laser Hijau	Laser hijau 303	Sinyal fotoakustik	Aluminium
11	Penelitian Kali ini	Aplikasi Fotoakustik Laser Hijau Untuk Mendeteksi Minuman Beralkohol	Laser hijau 303	Sinyal fotoakustik	Cairan Beralkohol

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1. Alkohol

Alkohol (ROH) dalam ilmu kimia adalah istilah yang umum bagi senyawa organik yang memiliki gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon, yang ia sendiri terikat pada atom hidrogen dan atau atom karbon lain. Golongan yang paling sederhana adalah metanol dan etanol (Nurwijaya dan Ikawati, 2009). Adapun menurut Majelis Ulama Indonesia (MUI) Alkohol adalah istilah yang umum untuk senyawa organik yang memiliki gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon (Fatwa MUI, 2009).

Alkohol dibentuk dari beberapa hidrokarbon oleh pertukaran satu atau lebih gugus hidroksil dengan atom-atom hidrogen dalam jumlah yang sama, istilah ini meluas untuk berbagai hasil pertukaran yang bereaksi netral dan mengandung satu atau lebih gugus alkohol (Dorland, 2002). Alkohol dibuat dari hasil fermentasi yang berupa cairan jernih tak berwarna dan rasanya pahit (Joewana, 1989).

Alkohol sering digunakan sebagai bahan bakar (spiritus), cairan untuk membersihkan CD, cairan untuk membersihkan alat elektronik, cairan untuk membersihkan monitor komputer dan minuman keras (Nurwijaya dan Ikawati, 2009). Dalam laboratorium dan industri senyawa ini digunakan sebagai pelarut dan reagensia (Fessenden dan Fessenden, 1982).

### 2.2.2. Minuman Beralkohol

Minuman beralkohol ialah semua jenis minuman yang mengandung etanol yang juga disebut *grain alcohol*. Hal ini disebabkan yang menjadi bahan dasar pembuatan alkohol adalah etanol bukan methanol atau grup alkohol lainnya (Joewana, 1989). Menurut peraturan Menteri Perdagangan RI (2014) minuman beralkohol adalah minuman yang mengandung etanol atau etil alkohol ( $C_2H_5OH$ ) yang diproses dari bahan hasil pertanian yang mengandung karbohidrat dengan cara fermentasi dan destilasi atau fermentasi tanpa destilasi (Peraturan MENDAGRI, 2014).

Berdasarkan cara pembuatannya, ada tiga macam jenis minuman beralkohol. Pertama yaitu minuman beralkohol yang dibuat melalui fermentasi gula yang ada dalam buah anggur disebut sebagai *wine*, kedua yaitu minuman beralkohol yang diproduksi melalui proses fermentasi bahan berpati dan tidak melalui proses penyulingan setelah fermentasi disebut sebagai *bir*, ketiga yaitu minuman beralkohol yang dibuat dengan cara mendistilasi cairan yang telah terfermentasi sehingga dicapai kadar alkohol yang lebih tinggi disebut sebagai *spirits* (Nurwijaya dan Ikawati, 2009). Seluruhnya mempunyai varian yang sangat banyak jumlahnya diantaranya *red wine*, *white wine*, *rose wine*, *vienna*, *marzen*, *vodka* dan *white rum*.

Minuman beralkohol merupakan zat psikoaktif yang bersifat adiksi atau adiktif. Zat psikoaktif adalah golongan zat yang bekerja

secara selektif terutama pada otak, sehingga dapat menyebabkan perubahan perilaku, emosi, kognitif, persepsi dan kesadaran seseorang dan lain-lain. Sedangkan adiksi atau adiktif adalah suatu zat atau bahan yang apabila digunakan dapat menimbulkan kecanduan atau ketergantungan. Selain menyebabkan kecanduan, meminum minuman beralkohol dalam waktu yang lama dapat menyebabkan keracunan dengan gejalanya seperti sulit bernafas, tersedak dan dapat menimbulkan kematian (Afniza, 2010).

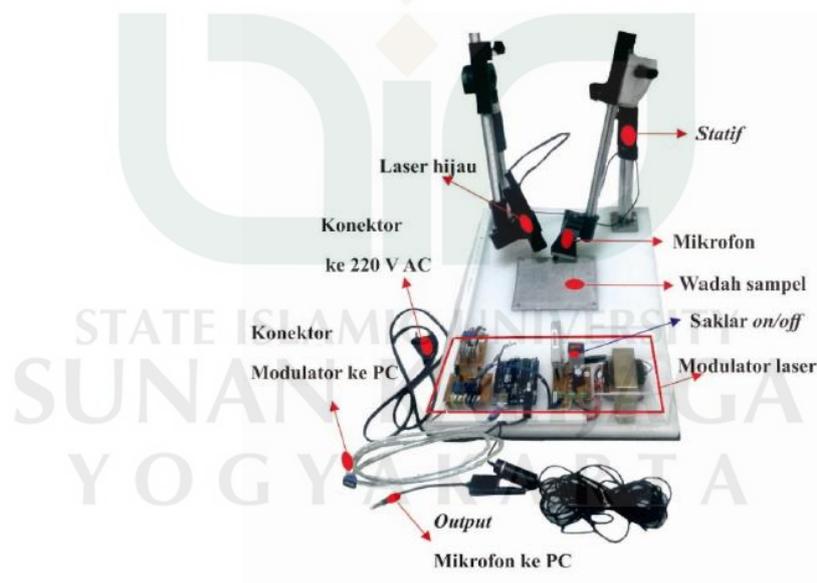
Peminum minuman beralkohol memiliki banyak efek negatif baik efek yang bersifat pribadi maupun efek sosial. Efek negatif bagi si peminum antara lain peradangan pada selaput lendir saluran napas bagian atas disebabkan uap alkohol, sulitnya otot untuk berkoordinasi, penglihatan kabur serta mengalami tekanan darah dan kadar gula yang rendah. Minum alkohol dalam jumlah banyak pada waktu hamil dapat menyebabkan kelainan pada janin. Disamping itu minum alkohol dalam jumlah berlebihan meningkatkan risiko menderita kanker tertentu dan juga dapat meningkatkan risiko mendapat serangan *stroke* (3 kali lebih besar) terutama pada anak muda (Joewana, 1989).

### **2.2.3. Fotoakustik laser hijau 303**

Fotoakustik laser hijau 303 adalah alat fotoakustik *portable* yang dapat membangkitkan bunyi akibat pemaparan cahaya laser hijau 303 secara periodik ke sebuah material (Kurniawan, 2016). Laser hijau 303 merupakan laser yang memancarkan cahaya hijau dengan

panjang gelombang 532 nm. Secara fisik laser ini berbentuk silinder yang terbuat dari aluminium alloy dengan panjang 16 cm dan berdiameter 2,2 cm. Laser ini dilengkapi baterai 3,7 volt 2400mAh sebagai sumber tegangannya (Kurniawan, 2016).

Perangkat yang digunakan dalam eksperimen fotoakustik laser hijau yang tertera pada Gambar 2.1 terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berupa fotoakustik laser hijau *portable* yang terdiri dari beberapa komponen, yaitu laser hijau 303, modulator laser, mikrofon ATR3350iS, akrilik, statif penggerak, dan wadah sampel. Sedangkan perangkat lunak fotoakustik laser hijau terdiri dari Arduino IDE 2.6.6 dan Audacity 2.1.0.



**Gambar 2.1.** Layout komponen fotoakustik laser hijau  
(Sumber: Kurniawan, 2016)

Mekanisme kerja alat fotoakustik laser hijau 303 diawali dengan menekan tombol on pada sistem untuk menyalakan sistem tersebut. kemudian dilakukan pengaturan frekuensi dan *dutycycle* pada

modulator dengan Arduino IDE sesuai dengan nilai yang diinginkan, sehingga menimbulkan output laser hijau yang periodik dan terarah. Ketika cahaya laser mengenai sampel menimbulkan sebuah fenomena yang disebut sinyal fotoakustik. Sampel yang dideteksi mempunyai gelombang akustik yang berbeda dikarenakan setiap molekul mempunyai koefisien yang berbeda-beda untuk setiap panjang gelombang. Fenomena fotoakustik itu kemudian direkam oleh mikrofon ATR3350iS dengan *software* Audacity. Mikrofon dapat mendeteksi adanya sinyal fotoakustik dengan jangkauan frekuensi modulasi laser 1000 – 9981 Hz dan jangkauan frekuensi sinyal fotoakustik 1454,2 Hz – 7478 Hz. Kemudian dari hasil rekaman, untuk mengetahui detail sinyal fotoakustik yaitu amplitudo dan frekuensi sinyal fotoakustiknya dilakukanlah proses analisa spektrum dengan mengubah domain waktu dari rekaman ke domain frekuensi menggunakan *software* Audacity (Kurniawan, 2016).

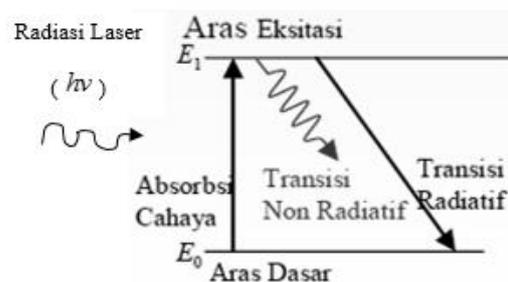
Alat ini dikembangkan untuk meneliti berbagai jenis sampel baik itu gas, cairan atau padatan. Disamping itu, desain yang *portable* dan bentuknya yang *simple* seperti bentuk fisik yang kecil dapat memudahkan dalam peletakan sesuai dengan kebutuhan (Kurniawan, 2016).

#### **2.2.4. Peristiwa terjadinya fotoakustik**

Peristiwa efek fotoakustik terjadi jika molekul sampel menyerap radiasi foton seperti tertera pada Gambar 2.2, maka molekul yang

berada ditingkat energi dasar  $E_0$  (*ground state*) akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi  $E_1$  (*excited state*). Akibatnya terjadi perbedaan energi antara dua tingkat tersebut ( $\Delta E$ ) dengan  $\Delta E = E_1 - E_0 = h\nu$ ,  $\nu$  merupakan frekuensi radiasi foton yang diserap. Molekul tersebut secara cepat atau lambat akan melepaskan energi dan kembali pada keadaan dasar yang stabil dengan membuang energi  $\Delta E$  (*proses deeksitasi*) (Mitraryana dkk, 2017).

Efek fotoakustik terjadi karena atom-atom atau molekul-molekul sukar mengalami *deeksitasi radiatif*, tetapi mengalami *deeksitasi non radiatif* dengan cara energi eksitasi ditransfer ke dalam bentuk energi translasi melalui proses tumbukan molekul satu dengan yang lain. Panas yang timbul akibat tumbukan tersebut mengakibatkan kenaikan energi kinetik rata-rata, sehingga temperatur molekul naik. Pada volum tertutup kenaikan temperature akan mengakibatkan kenaikan tekanan. Jika berkas radiasi yang datang pada sampel dimodulasi intensitasnya secara periodik pada frekuensi audio  $\nu$  maka akan didapatkan kenaikan dan penurunan tekanan secara periodik pula yang mengakibatkan bunyi pada frekuensi  $\nu$  pula. Gelombang akustik yang terbentuk dapat dideteksi dengan mikrofon (Mitraryana dkk, 2017).



**Gambar 2.2** Efek fotoakustik pada sampel

(Sumber Rosenwaig, 1980 dalam setiawan dkk, 2005)

### 2.2.5. Alkohol dalam pandangan Al-Qur'an

Islam mengharamkan segala jenis minuman yang memabukkan (Assabuni, 1994). Dalam sejarah islam, syariat pengharaman *khamr* atau minuman beralkohol turun secara berangsur-angsur melalui beberapa fase. Hal ini dikarenakan kebiasaan meminum minuman keras atau *khamr* sudah mendarah daging pada masyarakat arab pada waktu itu. Pada fase pertama Allah menurunkan surat An-Nahl ayat 67 yaitu:

وَمِنْ ثَمَرَاتِ النَّخِيلِ وَالْأَعْنَابِ تَتَّخِذُونَ مِنْهُ سَكَرًا وَرِزْقًا حَسَنًا  
 إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٦٧﴾

Artinya :

“Dan dari buah korma dan anggur, kamu buat minuman yang memabukkan dan rezeki yang baik. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang memikirkan (Departemen Agama RI, 1992)”

Ayat di atas membicarakan minuman keras sebagai sesuatu yang berbeda dengan makanan yang baik, yang mengisyaratkan

secara eksplisit bahwa *khamr* itu tercela. Pada fase kedua Allah menjauhkan mereka dari *khamr* dengan menjelaskan bahayanya lebih besar dari manfaatnya sebagai jawaban pertanyaan para muslim tentang konsumsi *khamr* dan berjudi. Seperti yang terdapat dalam surat Al-Baqarah ayat 219 yaitu :

﴿يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْخَمْرِ وَالْمَيْسِرِ ۖ قُلْ فِيهِمَا إِثْمٌ كَبِيرٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَإِثْمُهُمَا أَكْبَرُ مِنْ نَفْعِهِمَا ۗ وَيَسْأَلُونَكَ مَاذَا يُنْفِقُونَ ۖ قُلِ الْعَفْوَ كَذَلِكَ يُبَيِّنُ اللَّهُ لَكُمْ الْآيَاتِ لَعَلَّكُمْ تَتَفَكَّرُونَ ﴿٢١٩﴾

Artinya :

“Mereka bertanya kepadamu tentang *khamar* dan judi. Katakanlah: "Pada keduanya terdapat dosa yang besar dan beberapa manfaat bagi manusia, tetapi dosa keduanya lebih besar dari manfaatnya". Dan mereka bertanya kepadamu apa yang mereka nafkahkan. Katakanlah: "Yang lebih dari keperluan". Demikianlah Allah menerangkan ayat-ayat-Nya kepadamu supaya kamu berfikir (Departemen Agama RI, 1992) ”

Pada fase ketiga Allah menurunkan surat An-Nisa ayat 43

yaitu :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا لَا تَقْرَبُوا الصَّلَاةَ وَأَنْتُمْ سُكَرَىٰ حَتَّىٰ تَعْلَمُوا مَا تَقُولُونَ وَلَا جُنُبًا إِلَّا عَابِرِي سَبِيلٍ حَتَّىٰ تَغْتَسِلُوا وَإِنْ كُنْتُمْ مَرْضَىٰ أَوْ عَلَىٰ سَفَرٍ أَوْ جَاءَ أَحَدٌ مِّنْكُمْ مِنَ الْغَايِبِ أَوْ لَمَسْتُمُ النِّسَاءَ فَلَمْ تَجِدُوا مَاءً فَتَيَمَّمُوا صَعِيدًا طَيِّبًا فَامْسَحُوا بِوُجُوهِكُمْ وَأَيْدِيكُمْ ۗ إِنَّ اللَّهَ كَانَ

عَفُوًّا غَفُورًا ﴿٤٣﴾

Artinya :

“Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu shalat, sedang kamu dalam keadaan mabuk, sehingga kamu mengerti apa yang kamu ucapkan, (jangan pula hampiri mesjid) sedang kamu dalam keadaan junub, terkecuali sekedar berlalu saja, hingga kamu mandi. Dan jika kamu sakit atau sedang dalam musafir atau datang dari tempat buang air atau kamu telah menyentuh perempuan, kemudian kamu tidak mendapat air, maka bertayamumlah kamu dengan tanah yang baik (suci); sapulah mukamu dan tanganmu. Sesungguhnya Allah Maha Pemaaf lagi Maha Pengampun (Departemen Agama RI, 1992)”

Yang membatasi waktu untuk mengonsumsi khamr. Pada fase yang keempat Allah menjelaskan secara tegas bahwa *khamr* adalah hal yang diharamkan dan najis yang merupakan perbuatan setan. Sebagaimana disebutkan dalam QS al- Maidah ayat 90-91 :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِنَّمَا الْخَمْرُ وَالْمَيْسِرُ وَالْأَنْصَابُ وَالْأَزْلَمُ رِجْسٌ مِّنْ عَمَلِ الشَّيْطَانِ فَاجْتَنِبُوهُ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ ﴿٩٠﴾ إِنَّمَا يُرِيدُ الشَّيْطَانُ أَنْ يُوقِعَ بَيْنَكُمُ الْعَدَاوَةَ وَالْبَغْضَاءَ فِي الْخَمْرِ وَالْمَيْسِرِ وَيَصُدَّكُمْ عَنْ ذِكْرِ اللَّهِ وَعَنِ الصَّلَاةِ فَهَلْ أَنْتُمْ مُنتَهُونَ ﴿٩١﴾

Artinya :

“Hai orang-orang yang beriman, sesungguhnya (meminum) *khamr*, berjudi, (berkorban untuk) berhala, mengundi nasib dengan panah, adalah termasuk perbuatan syaitan. Maka jauhilah perbuatan-perbuatan itu agar kamu mendapat keberuntungan. Sesungguhnya syaitan itu bermaksud hendak menimbulkan permusuhan dan kebencian di antara kamu lantaran (meminum) *khamr* dan berjudi itu, dan menghalangi kamu dari mengingat Allah dan sembahyang; maka berhentilah kamu (dari mengerjakan pekerjaan itu) (Departemen Agama RI, 1992)”

Ayat-ayat diatas secara jelas dan tegas menjadi dalil pengharaman *khamr*. Karena akibat meminum *khamr* yang begitu

banyaknya terutama hilangnya akal. Dr. Noble mengatakan bahwa kebiasaan minum berkepanjangan walaupun dalam jumlah sedikit, mengakibatkan adanya kerusakan permanen terhadap ingatan dan kemampuan belajar (Badri, 1992). Selain itu dalam bidang keagamaan, minuman keras disamakan dengan amal yang berkaitan dengan keberhalaan, khurafat dan syirik, menghalangi mengingat Allah dan mengingat shalat, sumber kejahatan dan kedurhakaan serta kebencian kepada Tuhan (Surin, 2012).

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian : Bulan Maret sampai September 2017

Tempat penelitian : Laboratorium Elektronika dan Magnetika dan  
Laboratorium Kimia Analitik Universitas Islam Negeri  
Sunan Kalijaga Yogyakarta

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini tertera pada tabel 3.1

**Tabel 3.1** Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Jenis Alat	Jumlah
1	Laptop	1 buah
2	Labu ukur	1 buah
3	Corong kaca	1 buah
4	Batang pengaduk	1 buah
5	Pipet tetes	1 buah
6	Gelas ukur	1 buah
7	Audacity 2.1.0	1 buah
8	Fotoakustik laser hijau	1 buah
9	Kuvet Silinder	1 buah

##### 3.2.2 Bahan

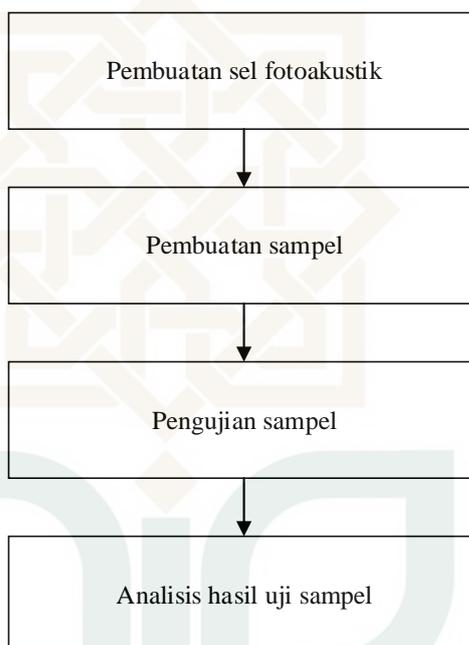
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini tertera pada tabel 3.2

**Tabel 3.2** Bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Jenis Bahan	Jumlah
1	Etanol	50 ml
2	Aquabides	100 ml

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dibagi menjadi 4 tahap yakni pembuatan sel fotoakustik, pembuatan sampel, pengujian sampel serta analisis hasil uji sampel. Tahapan-tahapan dari penelitian tersebut dilakukan secara berurutan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



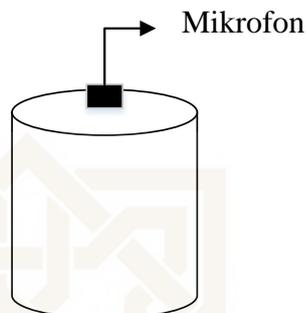
**Gambar 3.1** Diagram alir prosedur penelitian

Setiap tahapan penelitian pada Gambar 3.1 secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 3.3.1 Pembuatan Sel Fotoakustik

Pembuatan sel fotoakustik bertujuan untuk memperoleh sel fotoakustik yang sesuai untuk sampel cairan. Sel fotoakustik pada penelitian ini dibuat dari kuvet silinder dengan diameter 1 cm dan tinggi 5 cm yang terbuat dari bahan kaca yang dimodifikasi. Penggunaan kaca sebagai sel fotoakustik dimaksudkan agar sinar yang datang dari sumber cahaya dapat meradiasi

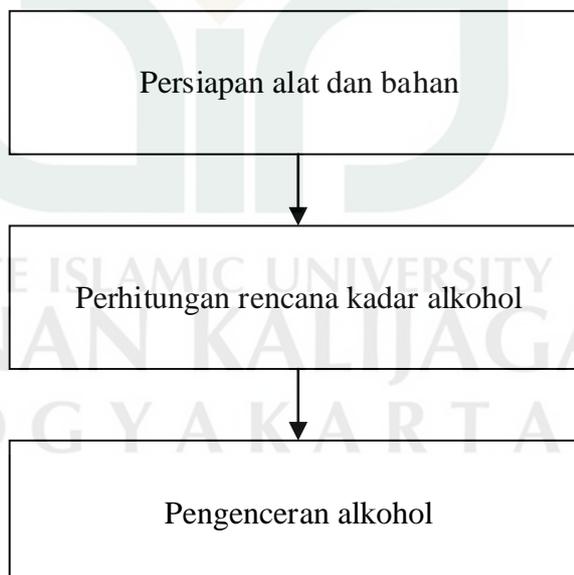
sampel secara langsung. Bagian dalam sel berongga sebagai wadah sampel. Mikrofon diletakkan di bagian tengah dinding sel fotoakustik yang berbentuk silinder. Bentuk sel fotoakustik dapat dilihat pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Bentuk sel fotoakustik

### 3.3.2 Pembuatan Sampel

Prosedur pembuatan sampel minuman beralkohol ditunjukan pada Gambar 3.3



**Gambar 3.3** Diagram alir tahapan pembuatan sampel

Tahapan pembuatan sampel sebagaimana diperlihatkan oleh gambar 3.3 dijelaskan secara lebih rinci sebagai berikut:

a. Persiapan alat dan bahan

Dalam pembuatan sampel minuman beralkohol, persiapan alat yang dibutuhkan meliputi labu ukur, corong kaca, batang pengaduk, pipet tetes, pipet volume dan gelas ukur. Sedangkan persiapan bahan dalam pembuatan sampel minuman beralkohol meliputi etanol dan aquades.

b. Perhitungan rencana kadar alkohol

Untuk membuat sampel minuman beralkohol sesuai dengan kadar yang diinginkan yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, maka perlu dihitung terlebih dahulu dengan rumus (Ansel dan Stoklosa, 2006)

$$M_1V_1 = M_2V_2 \quad (3.1)$$

Keterangan :

$M_1$  = Molaritas larutan sebelum pelarutan

$V_1$  = Volume larutan sebelum pelarutan

$M_2$  = Molaritas larutan setelah pelarutan

$V_2$  = Volume larutan setelah pelarutan

c. Pengenceran alkohol

Prinsip mengencerkan larutan dengan memasukkan larutan pekat ke labu takar selanjutnya menambahkan pelarut sampai leher labu takar. Agar larutan homogen, maka kocok hingga merata. Selanjutnya dengan menambahkan pelarut hingga batas yang ditentukan. Terakhir di kocok lagi lalu di tutup.

### 3.3.3 Pengujian Sampel

Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui sinyal fotoakustik yang dihasilkan pada sampel, yaitu sampel minuman beralkohol yang divariasikan kadarnya dan sampel aquabides. Pengujian ini dilakukan dengan cara merekam suara yang ditangkap oleh mikrofon dalam kondisi laser termodulasi, tanpa modulasi dan tanpa laser dengan adanya sampel minuman beralkohol yang bervariasi kadarnya dalam sel fotoakustik. Hal ini dimaksudkan agar dapat diidentifikasi secara visual ketiga hasil uji tersebut. Jika dihasilkan bentuk visual yang berbeda di antara ketiga hasil uji tersebut, maka dapat dipastikan terdapat sinyal akustik pada sampel. Begitu juga sebaliknya jika dihasilkan bentuk visual yang sama di antara ketiga hasil uji tersebut, maka dapat dipastikan bahwa tidak ada sinyal akustik dari sampel yang terdeteksi. Pengujian dilakukan sebanyak 7 kali sesuai dengan variasi kadarnya. Perekaman dilakukan sebanyak 5 kali setiap variasi frekuensi modulasi dengan *dutycycle* dibuat tetap sebesar 50%. Variasi frekuensi yang dilakukan mulai dari 50 Hz sampai dengan 3000 Hz dengan interval 50 Hz. Hasil rekaman pengujian 1 hingga 6 berturut-turut kemudian disimpan dan disajikan seperti Tabel 3.3, Tabel 3.4, Tabel 3.5, Tabel 3.6, Tabel 3.7 dan Tabel 3.8

**Tabel 3.3** Pengujian 1, dengan sampel alkohol 10%

No	Frekuensi Modulasi (Hz)	Tampilan Audacity														
		tanpa laser					dengan laser tanpa modulasi					dengan laser dan modulasi				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	50															
2	100															
...																
n	3000															

**Tabel 3.4** Pengujian 2, dengan sampel alkohol 20%

No	Frekuensi Modulasi (Hz)	Tampilan Audacity														
		tanpa laser					dengan laser tanpa modulasi					dengan laser dan modulasi				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	50															
2	100															
...																
n	3000															

**Tabel 3.5** Pengujian 3, dengan sampel alkohol 30%

No	Frekuensi Modulasi (Hz)	Tampilan Audacity														
		tanpa laser					dengan laser tanpa modulasi					dengan laser dan modulasi				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	50															
2	100															
...																
n	3000															

**Tabel 3.6** Pengujian 4, dengan sampel alkohol 40%

No	Frekuensi Modulasi (Hz)	Tampilan Audacity														
		tanpa laser					dengan laser tanpa modulasi					dengan laser dan modulasi				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	50															
2	100															
...																
n	3000															

**Tabel 3.7** Pengujian 5, dengan sampel alkohol 50%

No	Frekuensi Modulasi (Hz)	Tampilan Audacity														
		tanpa laser					dengan laser tanpa modulasi					dengan laser dan modulasi				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	50															
2	100															
...																
n	3000															

**Tabel 3.8** Pengujian 6, dengan sampel alkohol 100%

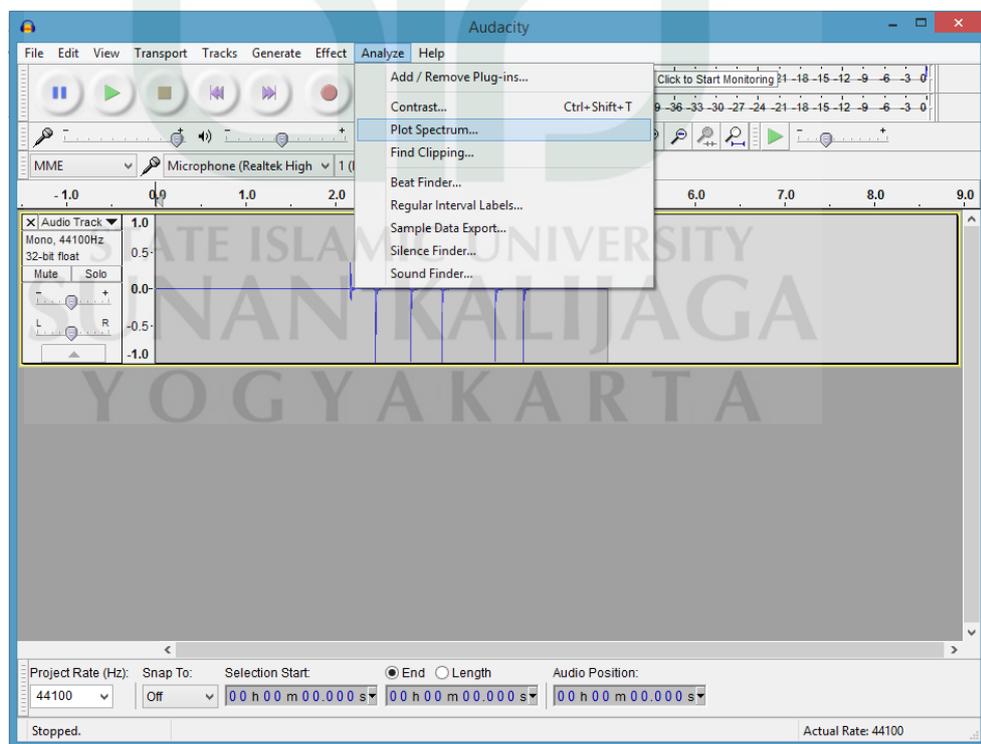
No	Frekuensi Modulasi (Hz)	Tampilan Audacity														
		tanpa laser					dengan laser tanpa modulasi					dengan laser dan modulasi				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	50															
2	100															
...																
n	3000															

**Tabel 3.9** Pengujian 7, dengan sampel aquabides

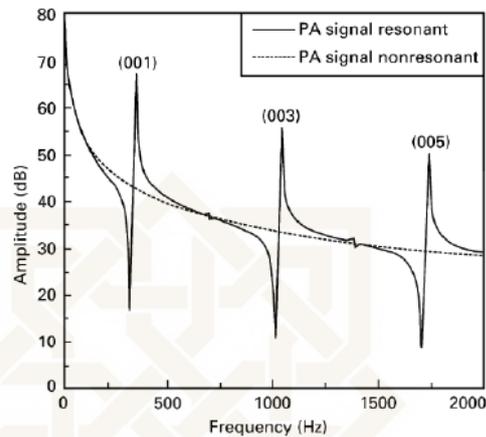
No	Frekuensi Modulasi (Hz)	Tampilan Audacity														
		tanpa laser					dengan laser tanpa modulasi					dengan laser dan modulasi				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	50															
2	100															
...																
n	3000															

### 3.3.4 Analisis Hasil Uji Sampel

Hasil data yang didapatkan pada uji sampel kemudian dianalisis. Tujuan analisis adalah untuk mengetahui hasil rekaman pada domain frekuensi. Analisis untuk mengetahui hasil rekaman pada domain frekuensi dilakukan didalam *software* Audacity dengan menerapkan prinsip *Fast Fourier Transform* yang sudah ada dalam program ini. Prosesnya yaitu dengan cara menekan “Analisis” pada *toolbar* Audacity kemudian pilih “Spektrum Plot”. Secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.4

**Gambar 3.4** Proses analisis spektrum suara

Kemudian akan tampil spektrum suara dengan sumbu x adalah frekuensi (Hz) dan sumbu y adalah amplitudo (dB) seperti Gambar 3.5



**Gambar 3.5** Spektrum sinyal fotoakustik

Kemudian masing-masing pengujian 1 hingga 7 pada setiap frekuensi modulasi dibandingkan secara visual hasil spektrum sinyal fotoakustiknya. Yaitu dibandingkan dengan kondisi tanpa laser dan kondisi dengan laser tanpa modulasi. apabila menunjukkan hasil yang berbeda maka selanjutnya frekuensi dan amplitudo puncak fotoakustiknya dicatat pada Tabel 3.9

**Tabel 3.10** Hasil analisis puncak sinyal fotoakustik

No	Frekuensi modulasi (Hz)	Puncak sinyal fotoakustik									
		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3		Percobaan 4		Percobaan 5	
		$f$ (Hz)	A(dB)	$f$ (Hz)	A(dB)	$f$ (Hz)	A(dB)	$f$ (Hz)	A(dB)	$f$ (Hz)	A(dB)
1	50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	100	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N	3000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Keterangan :

$f$  = Frekuensi puncak fotoakustik (Hz)

$A$  = Amplitudo puncak fotoakustik (dB)

Setelah itu dari frekuensi dan amplitudo puncak fotoakustik pada percobaan 1 hingga 5 pada masing-masing variasi frekuensi dirata-rata dengan rumus dan disajikan pada Tabel 3.10 seperti berikut

**Tabel 3.11** Hasil analisis puncak sinyal fotoakustik rata-rata

No	Frekuensi Modulasi (Hz)	Puncak sinyal fotoakustik	
		$\bar{f}$ (Hz)	$\bar{A} \pm \Delta A$ (dB)
1	50	...	...
2	100	...	...
...	...	...	...
N	3000	...	...

Dimana  $\bar{f}$  dan  $\bar{A} \pm \Delta A$  diperoleh dari persamaan 3.2, 3.3 dan 3.4

$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_n}{n} = \frac{\sum f_i}{n} \quad (3.2)$$

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n} = \frac{\sum A_i}{n} \quad (3.3)$$

$$\Delta A = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n(\sum A^2) - (\sum A)^2}{n-1}} \quad (3.4)$$

$\bar{f}$  = Frekuensi rata-rata perulangan tiap variasi frekuensi (Hz)

$\bar{A}$  = Amplitudo rata-rata perulangan tiap variasi frekuensi (dB)

$\Delta A$  = Ketidakpastian berulang pada amplitudo (dB)

SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

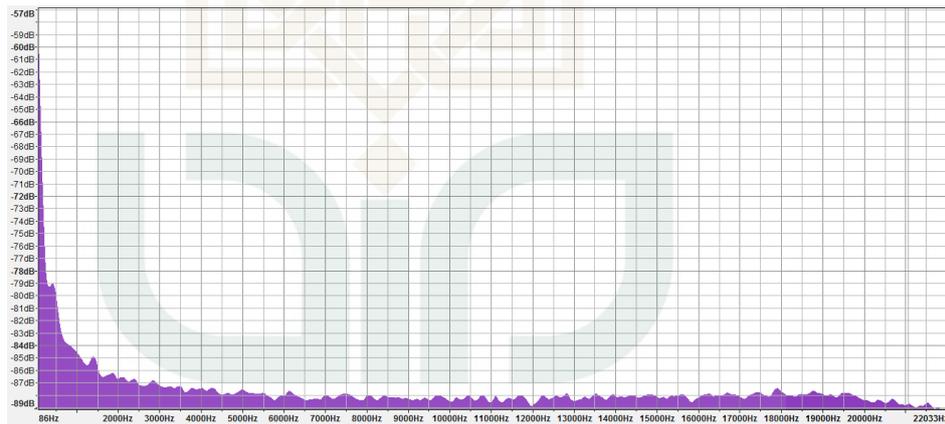
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

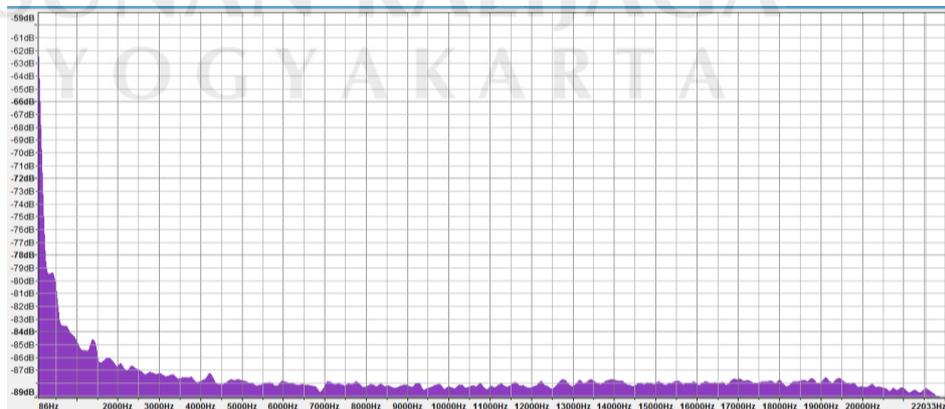
#### 4.1 HASIL

##### 4.1.1. Pengujian pada sampel alkohol 10%

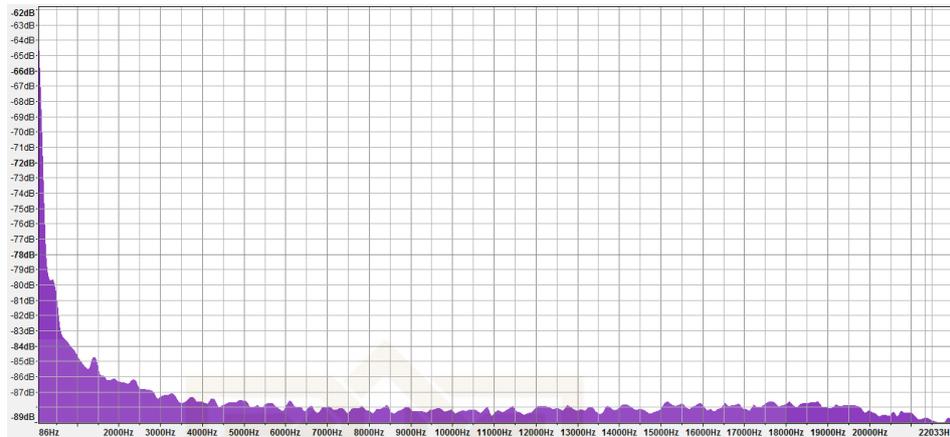
Hasil implementasi spektroskopi fotoakustik laser pada sampel alkohol 10% dengan variasi tanpa laser, tanpa modulasi dan modulasi 1500 Hz berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 (gambar selengkapnya ada pada Lampiran 4 halaman 66, Lampiran 5 halaman 67, dan Lampiran 6 halaman 68)



**Gambar 4.1** Keadaan saat uji tanpa ada laser



**Gambar 4.2** Keadaan saat uji dengan laser tanpa modulasi

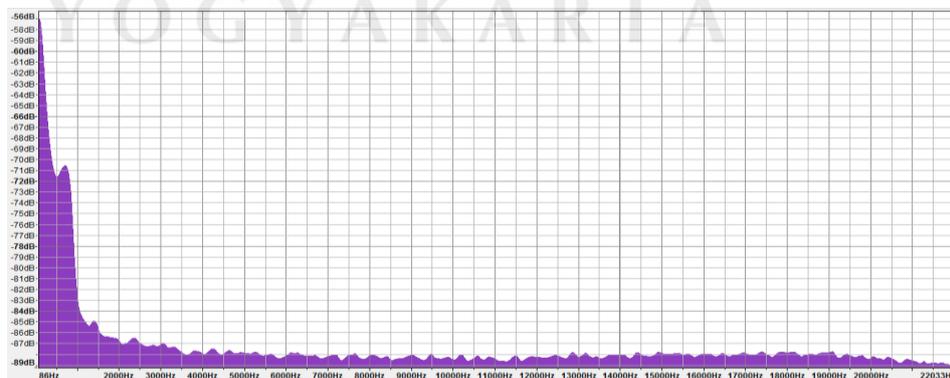


**Gambar 4.3** Keadaan saat uji dengan laser termodulasi 1500 Hz dengan sampel alkohol 10%

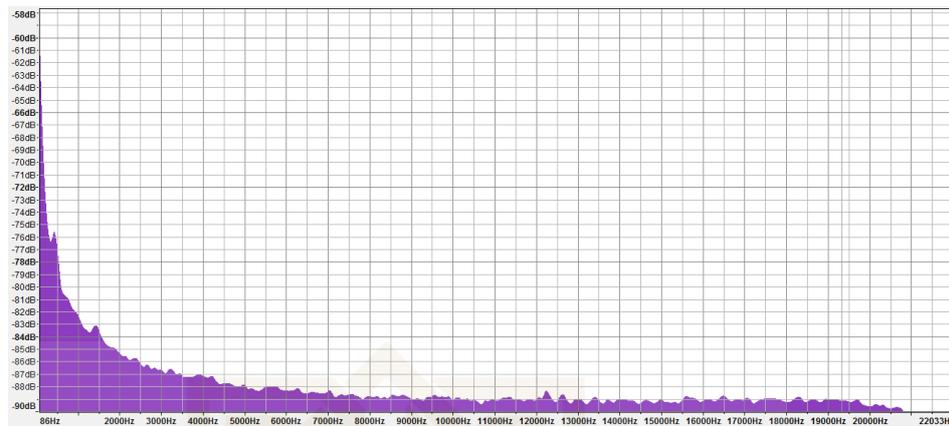
Dari Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 tampak penembakan laser hijau termodulasi 1500 Hz pada sampel alkohol 10% tidak menghasilkan akustik.

#### 4.1.2. Pengujian pada sampel alkohol 20%

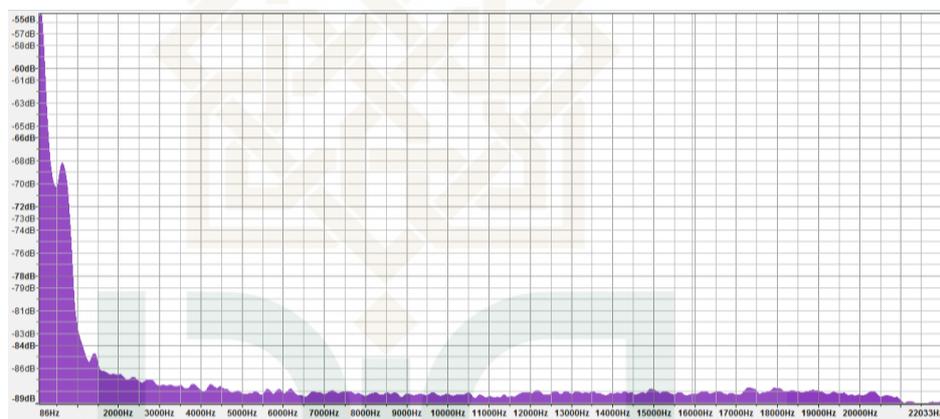
Hasil implementasi spektroskopi fotoakustik laser pada sampel alkohol 20% dengan variasi tanpa laser, tanpa modulasi dan modulasi 1500 Hz berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4.4, 4.5 dan 4.6 (gambar selengkapnya ada pada Lampiran 10 halaman 90 , Lampiran 11 halaman 91 dan Lampiran 12 halaman 92)



**Gambar 4.4** Keadaan saat uji tanpa ada laser



**Gambar 4.5** Keadaan saat uji dengan laser tanpa modulasi



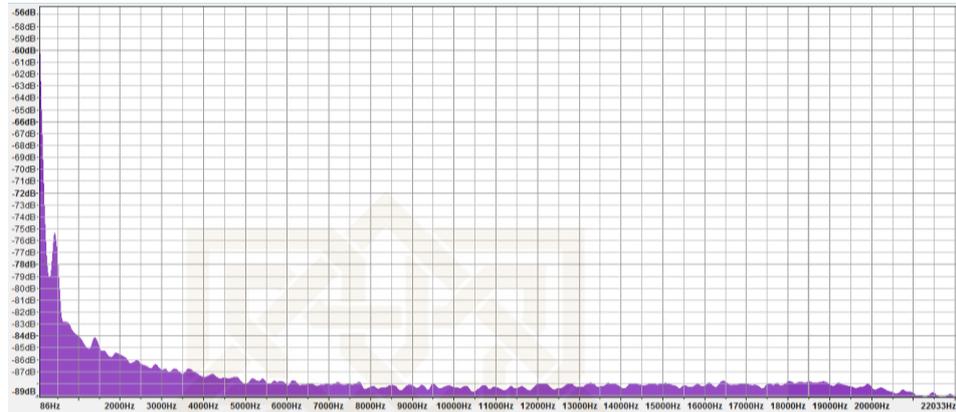
**Gambar 4.6** Keadaan saat uji dengan laser termodulasi 1500 Hz dengan sampel alkohol 20%

Dari Gambar 4.4, 4.5 dan 4.6 tampak penembakan laser hijau termodulasi 1500 Hz pada sampel alkohol 20% tidak menghasilkan akustik.

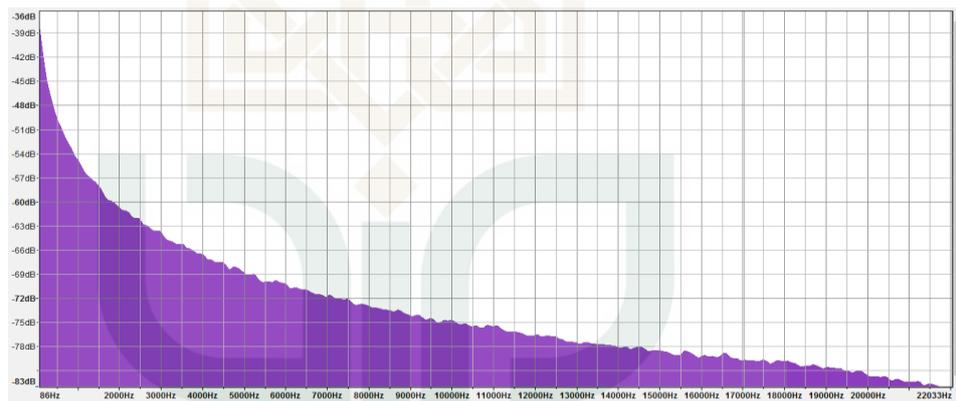
#### 4.1.3. Pengujian pada sampel alkohol 30%

Hasil implementasi spektroskopi fotoakustik laser pada sampel alkohol 30% dengan variasi tanpa laser, tanpa modulasi dan modulasi 1500 Hz berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 (gambar

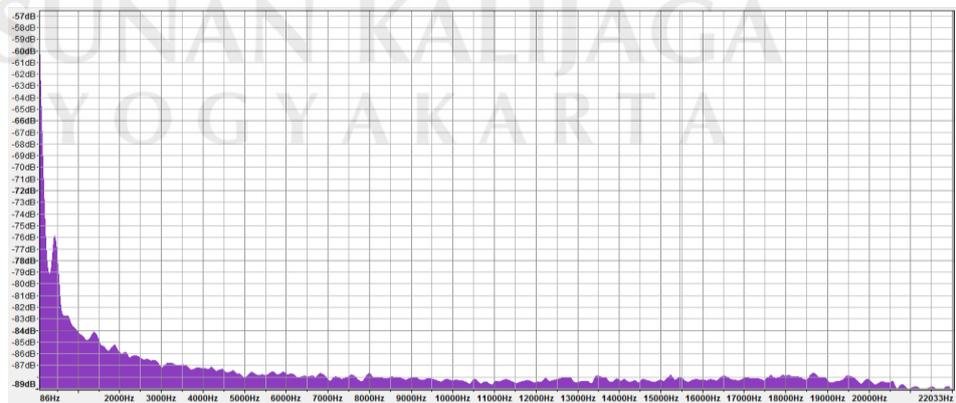
selengkapnya ada pada Lampiran 16 halaman 115 Lampiran 17 halaman 116 dan Lampiran 18 halaman 117)



**Gambar 4.7** Keadaan saat uji tanpa ada laser



**Gambar 4.8** Keadaan saat uji dengan laser tanpa modulasi

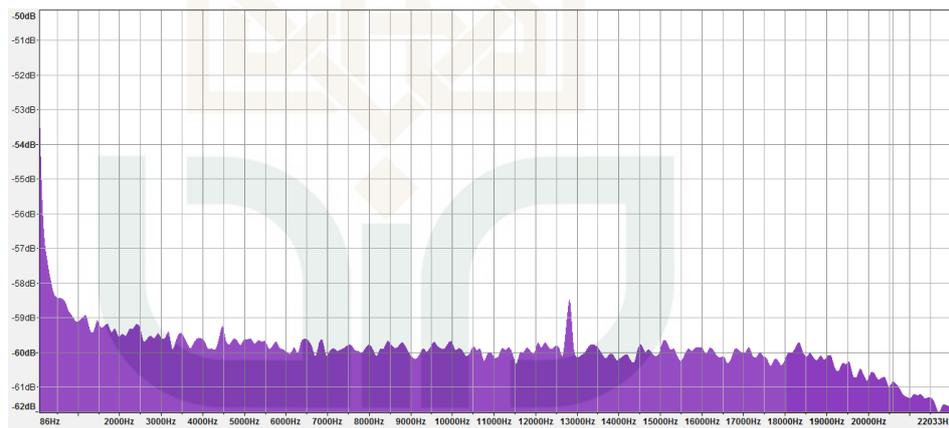


**Gambar 4.9** Keadaan saat uji dengan laser termodulasi 1500 Hz dengan sampel alkohol 30%

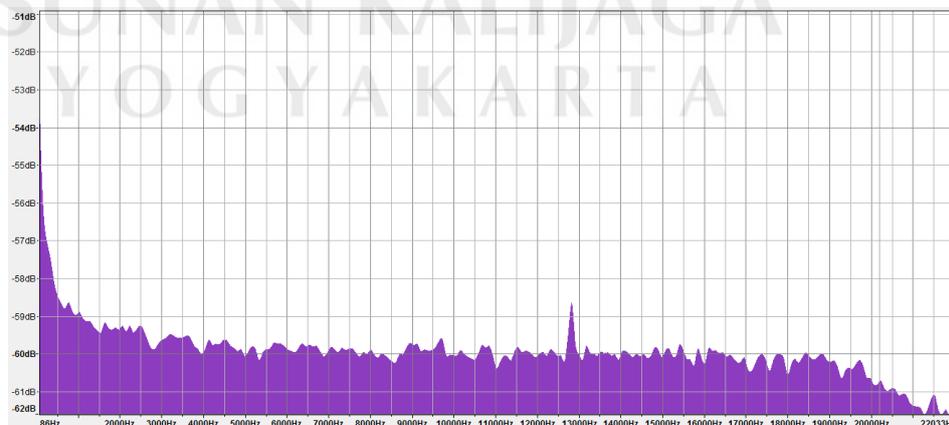
Dari Gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 tampak penembakan laser hijau termodulasi 1500 Hz pada sampel alkohol 30% tidak menghasilkan akustik.

#### 4.1.4. Pengujian pada sampel alkohol 40%

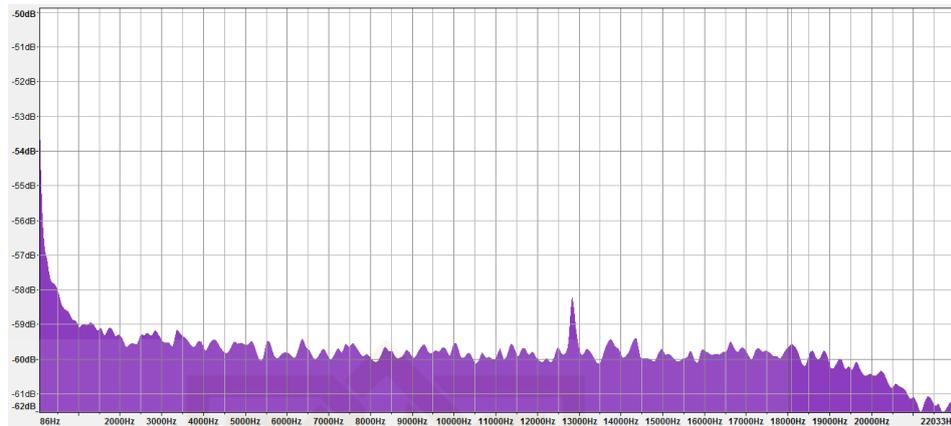
Hasil implementasi spektroskopi fotoakustik laser pada sampel alkohol 40% dengan variasi tanpa laser, tanpa modulasi dan modulasi 1500 Hz berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4.10, 4.11 dan 4.12 (gambar selengkapnya ada pada Lampiran 22 halaman 138 Lampiran 23 halaman 139 dan Lampiran 24 halaman 140)



**Gambar 4.10** Keadaan saat uji tanpa ada laser



**Gambar 4.11** Keadaan saat uji dengan laser tanpa modulasi

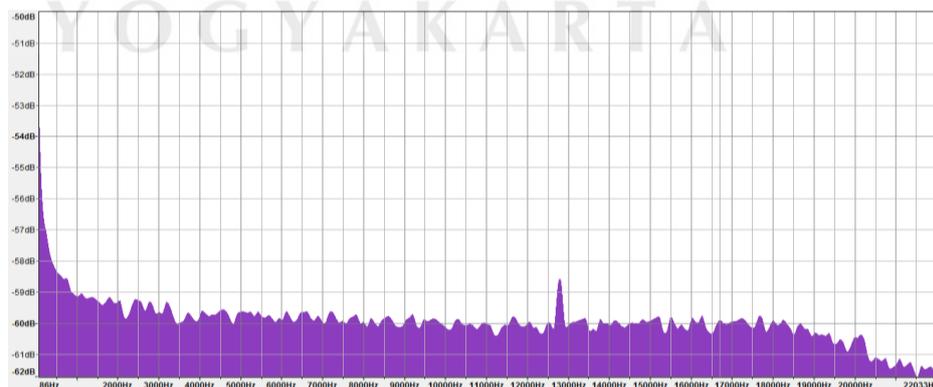


**Gambar 4.12** Keadaan saat uji dengan laser termodulasi 1500 Hz dengan sampel alkohol 40%

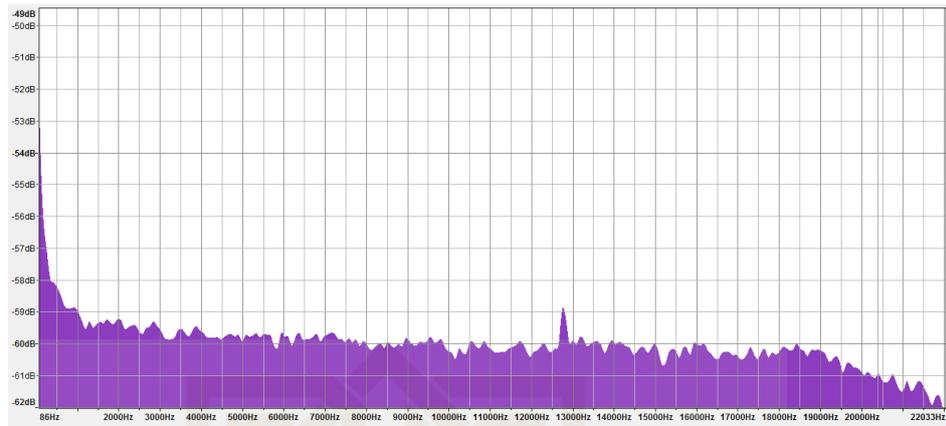
Dari Gambar 4.10, 4.11 dan 4.12 tampak penembakan laser hijau termodulasi 1500 Hz pada sampel alkohol 40% tidak menghasilkan akustik.

#### 4.1.5. Pengujian pada sampel alkohol 50%

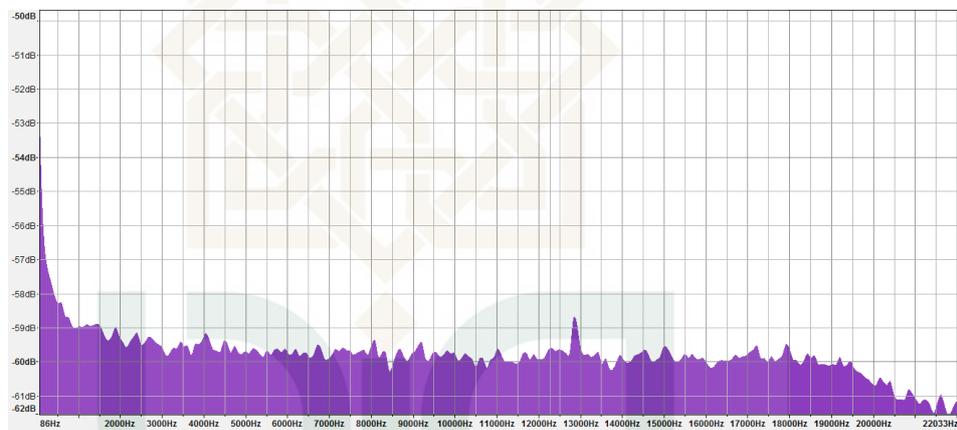
Hasil implementasi spektroskopi fotoakustik laser pada sampel alkohol 50% dengan variasi tanpa laser, tanpa modulasi dan modulasi 1500 Hz berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 (gambar selengkapnya ada pada Lampiran 28 halaman 163 Lampiran 29 halaman 164 dan Lampiran 30 halaman 165)



**Gambar 4.13** Keadaan saat uji tanpa ada laser



**Gambar 4.14** Keadaan saat uji dengan laser tanpa modulasi



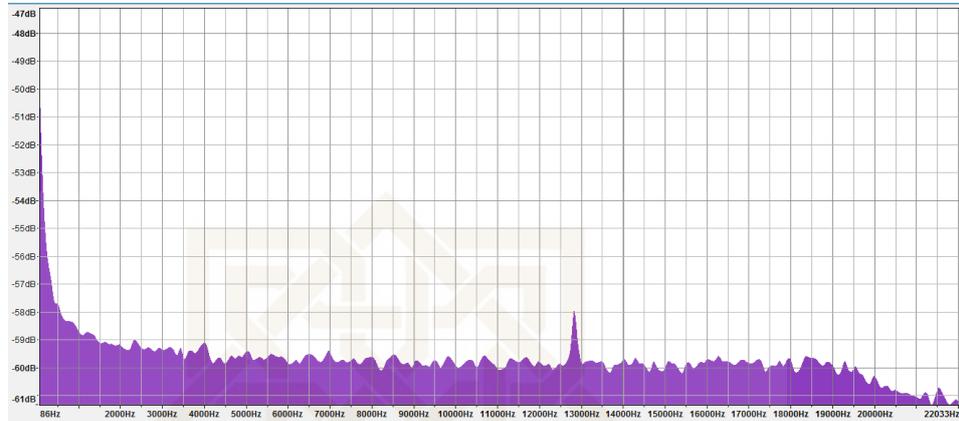
**Gambar 4.15** Keadaan saat uji dengan laser termodulasi 1500 Hz dengan sampel alkohol 50%

Dari Gambar 4.13, 4.14 dan 4.15 tampak penembakan laser hijau termodulasi 1500 Hz pada sampel alkohol 50% tidak menghasilkan akustik.

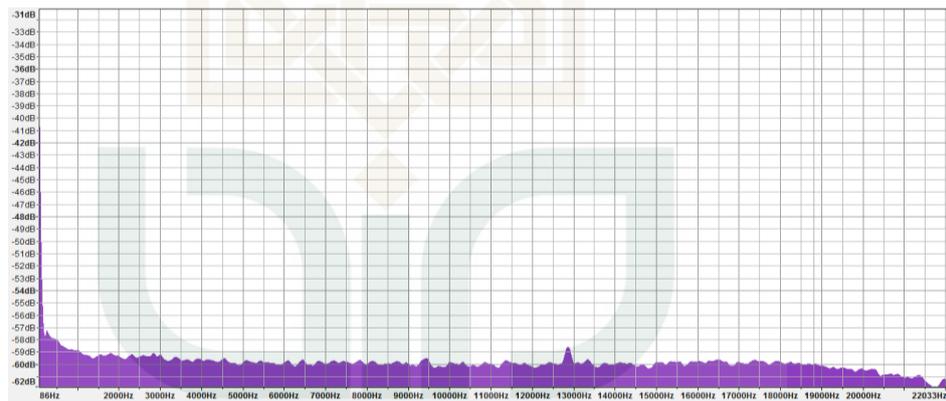
#### 4.1.6. Pengujian pada sampel alkohol 100%

Hasil implementasi spektroskopi fotoakustik laser pada sampel alkohol 100% dengan variasi tanpa laser, tanpa modulasi dan modulasi 1500 Hz berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4.16, 4.17 dan 4.18

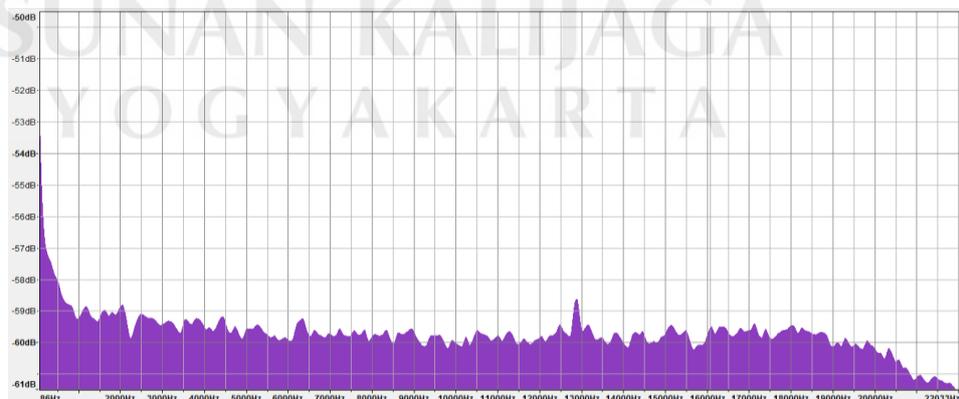
(gambar selengkapnya ada pada Lampiran 34 halaman 186 Lampiran 35 halaman 187 dan Lampiran 36 halaman 188)



**Gambar 4.16** Keadaan saat uji tanpa ada laser



**Gambar 4.17** Keadaan saat uji dengan laser tanpa modulasi

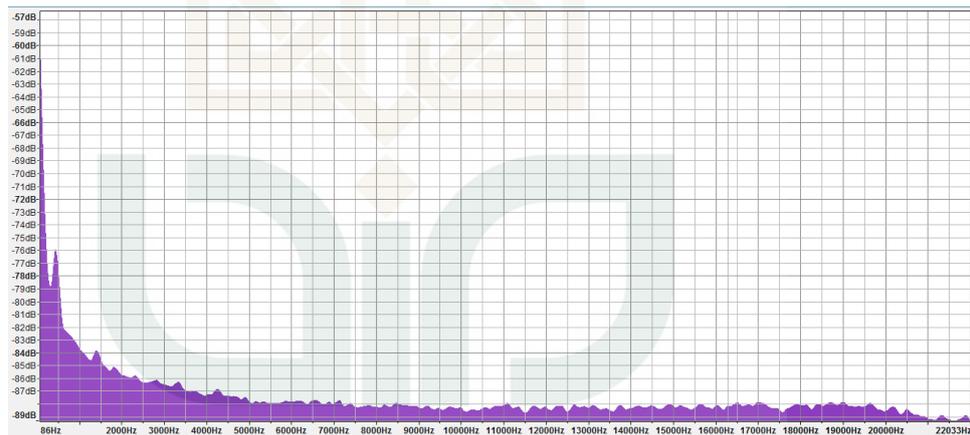


**Gambar 4.18** Keadaan saat uji dengan laser termodulasi 1500 Hz dengan sampel alkohol 100%

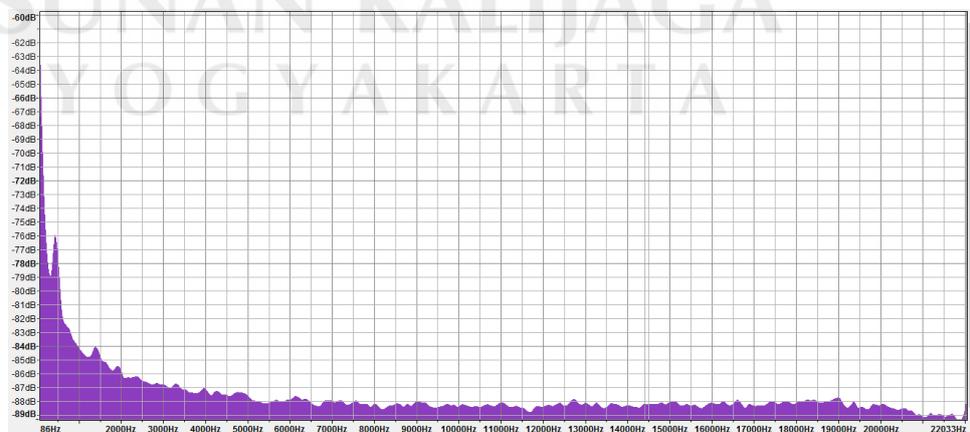
Dari Gambar 4.16, 4.17 dan 4.18 tampak penembakan laser hijau termodulasi 1500 Hz pada sampel alkohol 100% tidak menghasilkan akustik.

#### 4.1.7. Pengujian pada sampel aquabides

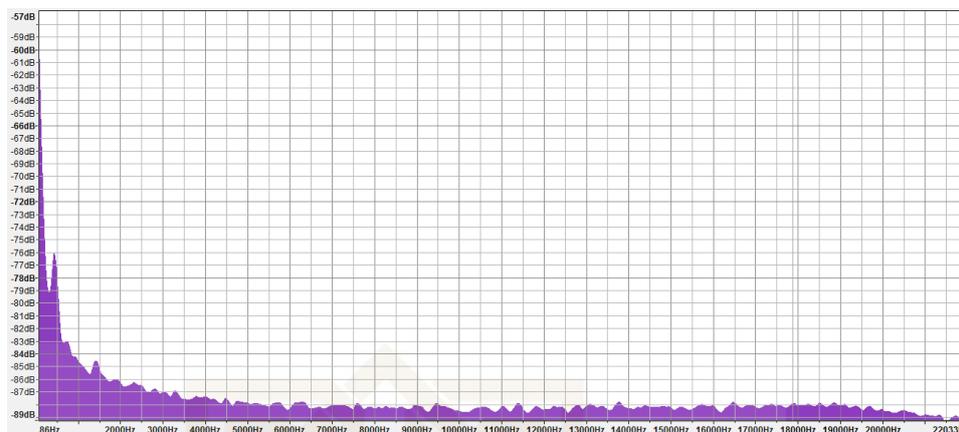
Hasil implementasi spektroskopi fotoakustik laser pada sampel aquabides dengan variasi tanpa laser, tanpa modulasi dan modulasi 1500 Hz berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4.19, 4.20 dan 4.21 (gambar selengkapnya ada pada Lampiran 40 halaman 210 Lampiran 41 halaman 211 dan Lampiran 42 halaman 212)



Gambar 4.19 Keadaan saat uji tanpa ada laser



Gambar 4.20 Keadaan saat uji dengan laser tanpa modulasi



**Gambar 4.21** Keadaan saat uji dengan laser termodulasi 1500 Hz dengan sampel aquabides

Dari Gambar 4.19, 4.20 dan 4.21 tampak penembakan laser hijau termodulasi 1500 Hz pada sampel aquabides tidak menghasilkan akustik.

## 4.2 PEMBAHASAN

### 4.2.1 Pengujian pada sampel alkohol

Sebagaimana yang telah disampaikan pada hasil, pada ketiga bentuk pengujian yang telah dilakukan mikrofon tidak merekam adanya sinyal fotoakustik baik pada sampel 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 100% maupun aquabides, salah satunya seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 (selengkapnya pada Lampiran 4). Hal ini dikarenakan secara visual hasil yang diperoleh pada kondisi tanpa adanya laser dan laser tanpa modulasi sama dengan kondisi laser termodulasi, salah satunya seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 (selengkapnya pada lampiran 5 dan lampiran 6).

Bila dicermati dari hasil analisis hasil ujinya, terdapat perbedaan amplitudo dan bentuk visual antara sampel satu dengan lainnya. Perbedaan ini dimungkinkan timbul karena perbedaan besarnya serapan antara sampel satu dengan lainnya terhadap sumber radiasi (laser hijau), efeknya sinyal yang dihasilkan pun berbeda tiap sampelnya. Namun perbedaan yang ditimbulkan masing-masing sampel tersebut tidak menunjukkan pola yang pasti pada semua frekuensi modulasi.

Perbedaan amplitudo dimungkinkan disebabkan pemilihan frekuensi modulasi yang tidak sesuai dengan frekuensi modulasi optimum yang dapat menimbulkan terjadinya sinyal akustik pada minuman beralkohol. Disamping itu mungkin saja disebabkan karena atom-atom alkohol ( $C_2H_5OH$ ) dan aquabides ( $H_2O$ ) dalam molekul tidak bertalun dengan transisi antar tingkat-tingkat tenaga molekul tersebut. Artinya panjang gelombang laser hijau (*green laser 303*) tidak beresonansi dengan sampel alkohol ( $C_2H_5OH$ ) dan aquabides ( $H_2O$ ), akibatnya molekul yang menduduki tingkat tenaga dasar  $E_0$  (*ground state*) tidak tereksitasi ke tingkat tenaga yang lebih tinggi  $E_1$  (*excited state*), sehingga tidak ada proses *deeksitasi* yaitu kecenderungan molekul yang tereksitasi kembali ke keadaan dasar yang stabil dengan membuang tenaga  $\Delta E$  (perbedaan energi antara  $E_1$  dan  $E_0$ ). Padahal proses *deeksitasi* khususnya *deeksitasi non radiatif* molekul sampel merupakan prasyarat utama terjadinya efek fotoakustik. *Deeksitasi non radiatif* tersebut dilakukan dengan cara energi eksitasi ditransfer ke dalam bentuk energi translasi melalui proses

tumbukan molekul satu dengan yang lain. Panas yang timbul akibat tumbukan tersebut mengakibatkan kenaikan energi kinetik rata-rata, sehingga temperatur molekul naik. Pada volum tertutup kenaikan temperature akan mengakibatkan kenaikan tekanan. Jika berkas radiasi yang datang pada sampel dimodulasi intensitasnya secara periodik pada frekuensi audio, maka akan didapatkan kenaikan dan penurunan tekanan secara periodik yang mengakibatkan bunyi. Singkatnya garis resonansi sampel alkohol ( $C_2H_5OH$ ) dan aquabides ( $H_2O$ ) tidak sesuai dengan panjang gelombang sebesar 532 nm yang ada pada laser hijau (*green laser 303*) sehingga tidak menimbulkan sinyal akustik.

Dari penjelasan tersebut maka besar kemungkinan alat fotoakustik laser hijau tidak dapat digunakan untuk mendeteksi minuman beralkohol. Hasil serupa juga didapatkan dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Bayu Ariwanto dengan larutan yang berbeda yaitu larutan alumunium hidroksida ( $AL(OH)_3$ ) di Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Hasil yang didapatkan bahwa pada sumber cahaya laser diode berwarna hijau dengan daya 30mW, sensor pergeseran serat optik tidak dapat mendeteksi sinyal fotoakustik pada bahan cairan alumunium hidroksida ( $AL(OH)_3$ ) begitu juga ketika dilakukan eksperimen dengan menggunakan sumber cahaya laser Nd:YAG dan digunakan transduser ultrasonik. Hasil yang didapatkan bukan merupakan sinyal fotoakustik melainkan sinyal yang berasal dari *shock wave*. Jadi selain tidak dapat digunakan untuk mendeteksi minuman

beralkohol, laser hijau juga tidak dapat digunakan untuk mendeteksi bahan cairan aluminium hidroksida ( $Al(OH)_3$ ).

Agar alat fotoakustik laser hijau dapat digunakan untuk mendeteksi minuman beralkohol maka sumber radiasi yang digunakan pada alat tersebut harus disesuaikan dengan garis resonansi alkohol. Adapun sumber radiasi yang dapat digunakan untuk mendeteksi alkohol adalah cahaya kuning yang mempunyai rentang panjang gelombang 580-595 nm. Karena garis resonansi alkohol yaitu 590 nm.

#### **4.2.2 Integrasi Interkoneksi**

Aplikasi spektroskopi fotoakustik merupakan salah satu teknologi yang sedang berkembang pada dunia saat ini. Aplikasi ini merupakan pengamalan dari surat Qs Saba ayat 46 dimana manusia diperintahkan untuk beribadah dan berfikir.

Beribadah dan berfikir merupakan dua hal yang tidak boleh dipisahkan. Beribadah merupakan pendekatan pribadi kepada Allah sehingga dengan sendirinya diharapkan bahwa seseorang yang beribadah akan sekurang-kurangnya memiliki perbentengan diri dari kemungkinan tergelincir kepada kejahatan dalam hal ini berkaitan dengan konsumsi minuman beralkohol. Secara lebih positifnya seseorang yang beribadah akan mempunyai komitmen moral untuk bermanfaat kepada sesamanya. Inilah relevansi antara ibadah dengan berfikir, artinya seseorang tidak dibenarkan melakukan perbuatan baik tanpa pengetahuan yang diperlukan untuk merealisasikan secara benar.

Hasil dari pemikiran tersebut dituangkan dalam aplikasi ini. Dalam rangka meneliti apakah alat fotoakustik laser hijau mampu mendeteksi minuman beralkohol. Jika aplikasinya berhasil maka hal itu merupakan sebuah langkah untuk bermanfaat kepada sesama, tetapi jika belum berhasil dalam mengaplikasikannya maka setidaknya mendapat satu kebaikan yang telah dijanjikan Allah.

Setelah diuji menghasilkan hasil yang bersesuaian dengan penelitian fotoakustik sebelumnya yaitu laser hijau tidak dapat digunakan untuk mendeteksi larutan. Hal ini dikarenakan, segala sesuatu di alam ini bekerja sesuai hukum-hukum alam yang telah ditetapkan Allah seperti yang dijelaskan pada Al Jatsiyah ayat 13.

Selain itu penelitian ini juga berupaya untuk mengamalkan apa yang Allah firmankan dalam Al Baqarah ayat 31 bahwa manusia memang memiliki potensi untuk menguak kejadian di alam ini. Ayat ini mengindikasikan bahwa Al-Qur'an secara jelas menggugat manusia untuk berpikir, merenung, dan menggunakan akalanya. Sedemikian rupa gugatan Ilahi itu, sehingga Ibnu Rusyd menegaskan bahwa berfalsafah, yakni berpikir tentang kejadian alam ini dan tentang hidup manusia, adalah perintah Allah yang paling utama, sehingga manusia mampu menguak kejadian di alam ini. Karena itu, Allah memuji mereka yang berjiwa terbuka, suka mendengarkan pendapat orang lain, kemudian mengikuti mana yang terbaik dari pendapat itu, yaitu setelah melakukan kegiatan berpikir dan pemeriksaan setiap pemahaman yang kritis dan teliti.