

UJI COBA METODE PENCITRAAN MULTIMODALITAS ULTRASONOGRAFI DAN FOTOAKUSTIK

Edo Robby Sanjaya, Jodelin Muninggar, Andreas Setiawan

Program Studi Fisika, Falkutas Sains Dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana,
Jl. Diponegoro No.52-60, Salatiga, 50711, Indonesia
E-mail: andreas.setiawan@uksw.edu

Abstrak

Ultrasonografi (USG) adalah pembentukan citra suatu objek menggunakan gelombang akustik frekuensi tinggi. Dengan penggunaan akustik ini maka USG tidak dapat digunakan untuk memantau suatu warna organ atau jaringan yang memiliki bentuk dan ukuran yang sama, namun memiliki warna berbeda. Dalam penelitian ini diusulkan pengamatan USG multimode yaitu penggabungan antara USG dan fotoakustik. Proses ini diharapkan dapat meningkatkan fungsi citra USG yang dapat sekaligus membedakan warna obyek. Efek fotoakustik adalah pembentukan gelombang suara akibat penyerapan cahaya termodulasi pada obyek. Percobaan dilakukan dengan mengarahkan sinar laser termodulasi pada suatu titik wadah yang berisikan air. Dalam langkah ini diharapkan interaksi fotoakustik akan menghasilkan gelombang akustik yang dapat dideteksi oleh sensor USG. Hasil percobaan menunjukkan meskipun efek fotoakustik terjadi namun sinyal terlalu lemah untuk dideteksi USG. Oleh sebab itu pada percobaan ini dilakukan juga pengujian dengan sumber akustik eksternal. Dapat diperlihatkan meskipun perubahan cukup kecil gelombang akustik mampu mengganggu obyek yang diukur sehingga menghasilkan citra USG yang berbeda. Hasil ini menunjukkan potensi pengembangan lebih lanjut metode USG multimode dengan fotoakustik.

Kata kunci: USG; fotoakustik; sistem pencitraan

Abstract

[**Title: Trial of Ultrasonography and Photoacoustic Multimodality Imaging Methods**] Ultrasound is the formation of an image of an object using high-frequency acoustic waves. With the use of this acoustic, ultrasound cannot be used to monitor a color of an organ or tissue that has the same shape and size, but has a different color. In this study proposed multimode ultrasound observations that are the merger between ultrasound and photoacoustics This process is expected to improve the function of ultrasound images that can simultaneously distinguish the color of objects. The photoacoustic effect is the formation of sound waves due to the absorption of modulated light on objects. The experiment was conducted by directing a modulated laser beam at a point of the container containing water. In this step it is expected that photoacoustic interactions will produce acoustic waves that can be detected by ultrasound sensors. The results showed that although the photoacoustic effect occurred, the signal was too weak for ultrasound to detect. Therefore, in this experiment also tested with an external acoustic source. It can be shown that even small enough changes in acoustic waves are able to disrupt the object being measured resulting in a different ultrasound image. These results demonstrate the potential for further development for multimode ultrasound methods with photoacoustics.

Keywords: USG; photoacoustic; imaging system

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi yang canggih saat ini pemanfaat gelombang bunyi juga semakin maju. Salah satunya metode ultrasonografi untuk pemeriksaan bagian-bagian dalam organ tubuh manusia menggunakan gelombang ultrasonik yang disebut USG. Ultrasonografi (USG) adalah pemeriksaan dalam bidang penunjang

diagnostik untuk menghasilkan imajing, tanpa menggunakan radiasi, tidak menimbulkan rasa sakit (non traumatik) dan efek samping (non invasif). Tidak seperti mode lainnya, citra yang dihasilkan dari USG memiliki karakter yang khas yaitu hanya memiliki intensitas warna hitam, putih dan abu-abu. Proses pembentukan citra USG dihasilkan melalui berkas akustik yang direfleksikan pada obyek. Prosentase

akustik yang direfleksikan tergantung pada impedansi material yang dilalui oleh gelombang. Apabila gelombang ultrasonik mengenai permukaan yang berbeda impedansi akustiknya, maka sebagian dari gelombang akan direfleksikan atau ditransmisikan [1].

Efek fotoakustik adalah pembentukan gelombang akustik setelah penyerapan cahaya termodulasi dalam sampel material. Untuk mendapatkan efek ini, intensitas cahaya harus bervariasi, baik secara berkala (cahaya yang dimodulasi) atau sebagai lampu kilat tunggal (cahaya berdenyut). Berpijak dari hal ini maka dalam laporan ini dilakukan uji coba penggunaan fotoakustik bersama dengan USG. Tujuan dari penggabungan ini adalah untuk mengetahui sejauh mana potensi fotoakustik membantu menghasilkan citra USG yang lebih variatif terhadap warna memanfaatkan efek fotoakustik.

Citra ultrasonografi (USG) merupakan hasil citra yang dilakukan dengan menggunakan (gelombang suara) yang dipancarkan oleh transduser. Suara merupakan fenomena fisika untuk mentransfer energi dari satu titik ke titik yang lainnya sehingga mendapat gambaran yang jelas hampir semua bagian tubuh, kecuali bagian tubuh yang dipenuhi udara atau yang ditutupi lubang [2].

Ultrasonografi merupakan salah satu *imaging diagnostic* (pencitraan diagnostik) untuk pemeriksaan organ-organ tubuh, dimana dapat mempelajari bentuk, ukuran, anatomis, gerakan, serta hubungan dengan jaringan sekitarnya [3]. Pemeriksaan ini bersifat non invansif, tidak menimbulkan rasa sakit pada penderita, dapat dilakukan dengan cepat, aman dan tidak ada kontra indikasinya, karena pemeriksaan ini sama sekali tidak memperburuk penyakit penderita [4]. Tulang dan udara merupakan konduktor suara yang buruk, sehingga tidak dapat divisualisasikan dengan baik, sedangkan cairan memiliki kemampuan menghantarkan suara dengan sangat baik [5].

Pencitraan fotoakustik merupakan teknik pencitraan yang berbasis pada efek fotoakustik, yaitu fenomena timbulnya sinyal akustik dari material yang terpapar energi elektromagnetik (EM) intermiten. Jaringan mengandung molekul fotoabsorber berupa kromofor endogen yang dapat mengabsorpsi energi EM yang selanjutnya menginduksi ekspansi termoe elastik dan menghasilkan sinyal akustik. Intensitas

warna merah dan hijau diperoleh dengan pengolahan citra digital berupa ekstraksi ciri statistika yang diterapkan pada citra fotoakustik [6].

METODE

Saat berkas laser menumbuk permukaan maka intensitas yang diserap permukaan akan menurun secara eksponensial sebagai fungsi kedalaman z mengikuti persamaan Lambert-Beer

$$I(z) = I_0 e^{-\alpha z} \quad (1)$$

dengan I_0 adalah intensitas awal dan α adalah koefisien absorpsi medium. Penyerapan cahaya pada permukaan akan menimbulkan ekspansi pada material. Hal ini akan meningkatkan volume yang sebanding dengan peningkatan temperatur θ yang dapat dituliskan

$$\Delta v = \beta \theta v \quad (2)$$

dengan β adalah koefisien ekspansi termal dan v adalah volume awal dimana terjadi pemanasan. Ekspansi ini akan menimbulkan konsekuensi terjadinya stress yang akan memicu munculnya tekanan dalam bentuk sinyal akustik. Tekanan yang mula-mula terjadi p_0 dapat dituliskan

$$p_0 = B \frac{\Delta v}{v} \quad (3)$$

dengan B adalah modulus Bulk isothermal.

Dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) maka fungsi antara tekanan dan temperatur dapat dituliskan dalam bentuk

$$p_0 = B \beta \theta. \quad (4)$$

Lebih lanjut sesuai hukum termodinamika temperatur θ merupakan fungsi dari energi yang tersimpan pada medium dan berhubungan dengan kapasitas panas C dan massa jenis ρ dalam bentuk

$$\theta = \frac{1}{\rho C} I(z) = \frac{1}{\rho C} I_0 e^{-\alpha z}. \quad (5)$$

Persamaan (4) dan (5) dapat disusun kembali menjadi [7]

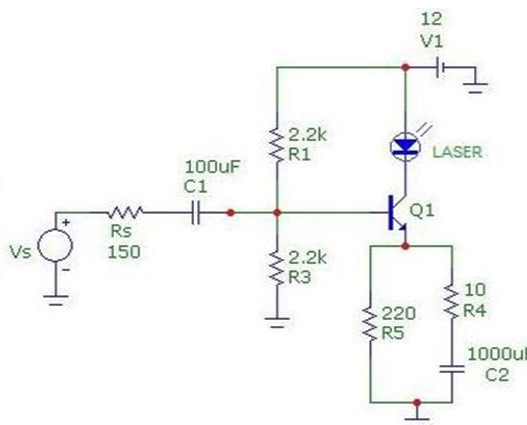
$$p_0 = \frac{B \beta}{\rho C} I_0 e^{-\alpha z}. \quad (6)$$

Persamaan (6) memberikan relasi antara tekanan akustik awal yang terjadi pada suatu permukaan akibat terkena pulsa singkat cahaya laser. Dapat dilihat bahwa tekanan yang muncul sebanding dengan koefisien absorpsi medium dan fluktuasi dari berkas cahaya laser. Dengan demikian karakteristik absorpsi cahaya dari

suatu medium akan mempengaruhi besarnya tekanan akustik yang muncul, hal inilah yang menjadi prinsip dasar dari fotoakustik.



Gambar 1. Skema percobaan pembentukan citra USG dengan sumber akustik eksternal berupa laser yang dimodulasi



Gambar 2. Skema rangkaian modulator untuk menggerakkan laser, terhubung pada sinyal generator sebagai sumber modulasinya

Susunan percobaan ditampilkan pada gambar 1. Terdiri dari alat USG beserta sensornya, wadah berisi air, laser, modulator dan power supply. Untuk tahap pertama digunakan speaker berikut amplifiernya sebagai sumber akustik eksternal. Selanjutnya tahap berikutnya digunakan rangkaian laser yang

termodulasi untuk menghasilkan frekuensi tinggi 3,5 MHz. Modulator bagian ini disusun dengan rangkain transistor tunggal (NPN) yang sebagai penguat arus yang digerakan oleh sinyal generator. Penggunaan frekuensi ini dikarenakan karakteristik sinyal akustik yang ditangkap oleh transduser pada USG adalah 3,5 MHz. Gambar 2 memperlihatkan rangkain instrumentasi modulasi laser pada frekuensi 3,5 MHz dengan transistor C2053 (NPN).

Percobaan pertama dilakukan menggunakan speaker eksternal untuk mengetahui pengaruh gelombang akustik terhadap citra USG. Percobaan kedua dilakukan dengan mengarahkan sinar laser termodulasi pada suatu titik wadah yang berisikan air. Dalam langkah ini diharapkan interaksi fotoakustik akan menghasilkan gelombang akustik yang dapat dideteksi oleh sensor USG. Untuk mendeteksi perubahan ini untuk suatu citra diambil dalam 2 kondisi yaitu jika laser mati (*off*) dan hidup (*on*). Kemudian hasilnya disubtraksi untuk mengamati perbedaan citra yang didapatkan. Jika program mendeteksi terjadi selisih pada kedua citra maka dapat diketahui dapat diketahui bahwa efek fotoakustik mempengaruhi citra USG yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hal yang pertama dilakukan dalam uji coba adalah penggunaan speaker sebagai sumber akustik eksternal untuk mengetahui pengaruh citra USG dengan gangguan luar. Susunan percobaan pada tahap ini diperlihatkan pada gambar 3. Transduser USG ditempatkan pada wadah air dari bagian atas, kemudian bagian bawahnya dihubungkan dengan speaker. Speaker digerakan oleh amplifier dengan input sinyal generator.

Prosedur ini bertujuan untuk memberikan gangguan akustik secara langsung pada citra USG. Selama proses ini amplitudo dan frekuensi sinyal generator diatur agar mendapatkan efek yang paling optimal. Pada bagian ini obyek yang dideteksi berupa sebuah plat besi tipis.

Ketika speaker dinyalakan wadah yang diisi dengan sebuah plate dan air akan bergetar dengan frekuensi yang diatur oleh sinyal generator. Posisi, amplitudo dan frekuensi generator diatur sedemikian rupa agar menghasilkan pengaruh yang optimal. Hasil

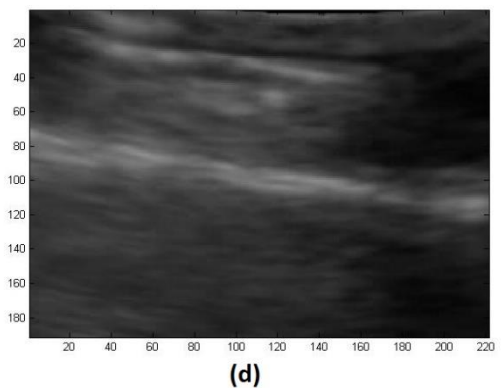
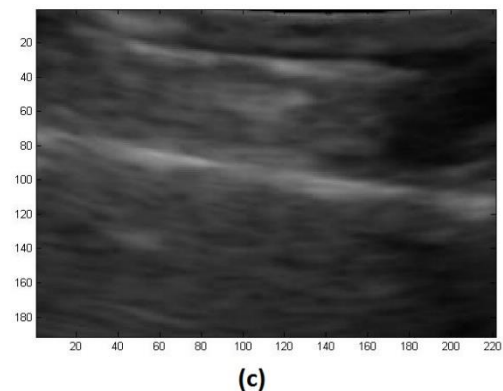
percobaan citra USG yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 3.



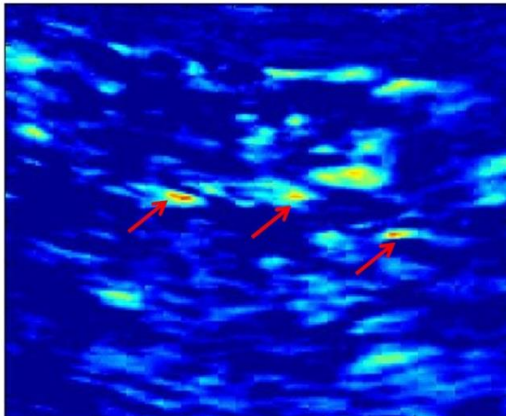
Gambar 3. Susunan ujicoba tahap pertama digunakan speaker sebagai sumber akustik eksternal. Dalam ujicoba ini digunakan sebuah plat besi sebagai obyeknya

Gambar 4 memperlihatkan hasil citra USG yang dihasilkan dari percobaan tahap pertama yaitu saat tanpa plat speaker dimatikan dan dihidupkan (gambar 4a dan 4b). Dilanjutkan dengan penambahan obyek plat besi saat speaker dimatikan dan dihidupkan (gambar 4c dan 4d). Perhitungan berikutnya adalah subtraksi gambar 4c dan 4d untuk melihat pengaruh yang muncul. Dari hasil gambar 5 tampak perbedaan ketika gambar speaker dimatikan dan dihidupkan. Terlihat muncul perbedaan artefak diantara ke dua citra USG tersebut dimana terdapat warna merah dan orange sebagai indikasi perbedaan selisih citra yang cukup signifikan (tanda panah pada gambar 5).

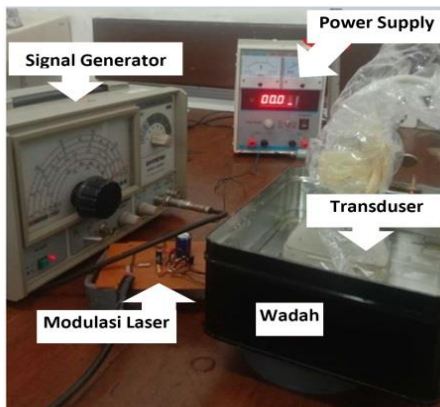
Tahap berikutnya adalah pengujian menggunakan efek fotoakustik. Sebelumnya dilakukan terlebih dahulu pengujian rangkaian modulasi laser. Karena transduser bekerja pada 3,5 MHz maka modulasi laser diusahakan mendekati angka tersebut. Pengujian dilakukan dengan sumber tegangan 10 V yang diatur frekuensinya 3,5 MHz, sinyal modulasi yang diukur dengan osiloskop ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 4. Citra USG percobaan tahap pertama tanpa plat dengan speaker *off* (a), speaker *on* (b), dengan plat speaker *off* (c), dan speaker *on* (d).



Gambar 5. Citra perbedaan hasil substraksi dari citra plate saat speaker *off* dan *on*. Tanda panah menunjukan beberapa artefak perbedaan yang muncul.



Gambar 6. Susunan penggunaan laser sebagai sumber akustik eksternal dengan memanfaatkan efek fotoakustik.

Susunan pada tahap ini speaker diganti dengan rangkaian modulasi laser yang sudah menghasilkan frekuensi 3,5 MHz, seperti ditampilkan pada Gambar 6. Modulator menggunakan sinyal generator dengan frekuensi dan bentuk gelombang yang dapat diatur. Parameter diatur sedemikian rupa agar mendapatkan efek pengaruh yang optimal pada citra USG yang dihasilkan. Rancangan alat pada gambar 6 dilakukan dengan cara menempatkan laser di bawah wadah yang diisi dengan air.



(a)

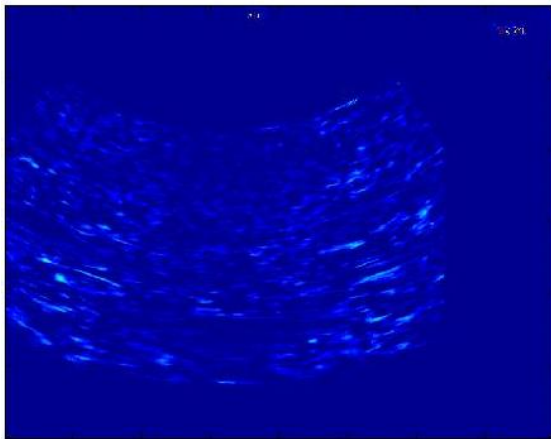


(b)

Gambar 7. Citra USG yang dihasilkan dengan kondisi laser *off* (a), laser *on* (b), citra substraksi dari citra (a) dan (b). Masing-masing citra adalah hasil rata-rata 10 citra USG yang didapatkan.

Gambar 7 memperlihatkan citra USG yang dihasilkan dengan kondisi Laser *off* dan *on* (gambar 7a dan 7b). Masing-masing citra adalah hasil rata-rata 10 citra USG yang didapatkan. Selanjutnya hasil substraksi diperlihatkan pada gambar 8. Hasil ini memperlihatkan hasil yang cukup berbeda jika

dibandingkan percobaan sebelumnya (gambar 5). Pada gambar 8 terlihat belum muncul substraksi artefak yang menonjol dari obyek plat besi yang diamati. Karena citra 8 adalah hasil substraksi maka tidak munculnya artefak menandakan citra 7a dan 7b memiliki pola yang identik. Dengan data citra pada gambar 8 ini dapat dilihat bahwa efek fotoakustik sebagai sumber akustik eksternal belum mampu mempengaruhi obyek ujicoba. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh masih lemahnya amplitudo akustik yang dihasilkan dalam proses fotoakustik.



Gambar 8. Citra USG hasil substraksi citra pada gambar 7a dan 7b. Tampak belum terlihat artefak yang menonjol

Mengacu pada persamaan 6 maka ada sejumlah variabel yang dapat ditingkatkan. Salah satu yang praktis untuk dilakukan adalah meningkatkan I_0 yaitu intensitas laser yang digunakan. Dari persamaan 6 terlihat tekanan akustik yang muncul akan berbanding lurus dengan intensitas laser yang digunakan. Meskipun demikian perlu diperhatikan batas intensitas yang di ijinakan terutama jika digunakan pada obyek-obyek biologis. Peningkatan absorpsi energi laser akan mendorong peningkatan suhu pada obyek sehingga bisa menyebabkan kerusakan saat pengujian. Hal lain pada kasus penggunaan efek fotoakustik sebagai sumber akustik eksternal ini faktor α sebagai koefisien absorpsi medium dapat juga dimanfaatkan. Pemilihan panjang gelombang laser pada absorpsi medium yang tepat akan meningkatkan tekanan akustik secara signifikan karena relasinya eksponensial terhadap tekanan akustik yang muncul.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil riset ini, dapat disimpulkan bahwa ujicoba penggunaan sumber akustik eksternal pada citra USG sesuai dengan target yang diharapkan. Selisih citra obyek sebelum dan sesudah penggunaan sumber akustik memperlihatkan munculnya artefak yang signifikan. Meskipun demikian sinyal akustik pada ujicoba fotoakustik ternyata belum cukup untuk memberikan perubahan signifikan pada citra USG yang dihasilkan. Hasil substraksi citra masih belum menghasilkan perbedaan yang signifikan. Kemungkinan diperlukan teknik tersendiri agar proses fotoakustik mampu menghasilkan sinyal akustik yang cukup kuat untuk dideteksi USG. Secara teknologi saat ini laser diode telah memiliki jangkah frekuensi dan daya yang cukup tinggi sehingga sangat berpotensi untuk dilakukan pengembangan USG multimode lebih lanjut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh Universitas Kristen Satya Wacana melalui skema penelitian internal dengan SK No. 130/Pen./Rek./6/V/2021.

DAFTAR PUSTAKA

1. Atika TA, 2019. Implementasi Metode Geometric Mean Filter Untuk Mereduksi Noise Pada Citra Ultrasonografi (USG). **18**(4): 260.
2. Tyovenda AA, Aiyohuyin EO, dan Akaagerger NB. 2013. Diagnostic Ultrasound Quality Assurance by Means of Machine Output Parameters. **3**(5): 287.
3. Lichtenstein D, 2012. Fluid administration limited by lung sonography: the place of lung ultrasound in assessment of acute circulatory failure (the FALLS-protocol). *Expert Rev Respir Med.* **6**(2):155.
4. Drukker L, Noble JA, dan Papageorghiou AT, 2020. Introduction to artificial intelligence in ultrasound imaging in obstetrics and gynecology. *Ultrasound Obstet Gynecol.* **56**(4):498.
5. Setiawan A, Setiaji FD, Dewantoro G, dan Wibowo NA, 2019. Photoacoustic

- Tomography System for Roughly Painted Micro Objects, *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*. **19**(3):197.
6. Setiawan A, Setiaji FD, Nugroho DB, dan Wibowo NA, 2020. Subsurface detection of opaque and solid material defect based on photoacoustic effect, *Journal of Instrumentation*. **15**(04): P04010.
 7. Setiawan A, Rondonuwu FS, dan Setiaji FD, 2019, Analyzing the shape of photoacoustic signal on audible frequency modulation, *Journal of Physics Conference Series*, **1307**(1):012017.