



Evaluasi Air dan Oli sebagai Material Dasar Phantom Anechoic untuk Aplikasi Ultrasonography (USG)

Maulani Qonitin¹, Imam Tri Harsoyo^{1*}, Darojat Yugiantoro¹, dan Asyrofil Ibad¹

¹Teknik Elektromedik, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang

Email: imamtriharsoyo@stikessemarang.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak

Tingginya kebutuhan akan phantom ultrasonografi (USG) untuk keperluan pelatihan dan kalibrasi alat mendorong perlunya pengembangan alternatif lokal yang efektif dan ekonomis. Penelitian ini mengkaji dua bahan dasar, yaitu air dan oli, sebagai medium phantom anechoic melalui pendekatan eksperimen laboratorium. Phantom dibuat dengan memasukkan dua objek uji sedotan berisi bensin dan potongan stereofom ke dalam wadah berisi masing-masing bahan, kemudian dilakukan pemindaian menggunakan perangkat USG Mindray DP-10. Pengukuran diameter dan kedalaman objek dilakukan lima kali untuk menilai presisi serta kualitas visual hasil citra. Diperoleh data numerik dan tampilan visual yang dianalisis secara komparatif untuk menilai karakteristik akustik, kejernihan citra, tingkat noise, dan stabilitas tampilan. Hasil menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam kualitas pencitraan antara kedua bahan, yang mencerminkan peran impedansi akustik dan viskositas medium terhadap performa phantom dalam aplikasi USG.

Kata kunci: Air, Base Material, Oli, Phantom Anechoic, Ultrasonografi,

Abstract

The increasing demand for ultrasonography (USG) phantoms for training and equipment calibration highlights the need for effective and affordable local alternatives. This study investigates two base materials water and oil as anechoic phantom media through a laboratory-based experimental approach. Phantoms were constructed by placing two test objects a gasoline filled straw and a piece of Styrofoam into separate containers filled with each medium, then scanned using the Mindray DP-10 ultrasound device. Measurements of object diameter and depth were conducted five times to assess precision and image quality. Numerical data and visual outputs were analyzed comparatively to evaluate acoustic characteristics, image clarity, noise level, and stability. The findings reveal notable differences in imaging performance between the two materials, reflecting the influence of acoustic impedance and viscosity on phantom effectiveness in USG applications.

Keywords: Anechoic Phantom, Base Material, Oil, Ultrasonography, Water.

1. PENDAHULUAN

Ultrasonografi (USG) merupakan alat diagnostik non-invasif yang memanfaatkan gelombang suara berfrekuensi tinggi untuk menghasilkan citra secara *real-time* [1],[2]. Teknologi ini banyak digunakan dalam bidang obstetri untuk memantau perkembangan janin, kehamilan, serta persiapan persalinan [2],[3],[4]. Oleh karena itu, sistem pencitraan ultrasonografi memegang peran penting dalam dunia diagnostik medis [3]. Pengaturan *Time*

Gain Compensation (TGC) secara signifikan memengaruhi fitur analisis tekstur dalam citra ultrasonografi, yang berdampak pada distribusi tingkat keabuan pada gambar [5]. Walaupun secara umum dianggap aman, kurangnya pemantauan kualitas secara berkala (quality control/QC) dapat menyebabkan kerusakan perangkat yang tidak terdeteksi dan berpotensi menimbulkan kesalahan diagnosis[6],[7],[8].

Maka dari itu, kontrol kualitas (QC) sangat diperlukan dalam praktik pencitraan ultrasonografi untuk menjaga performa peralatan serta menjamin hasil diagnostik yang andal [6],[9],[10]. QC dilakukan dengan membandingkan alat ukur dengan standar acuan guna memastikan kelayakan fungsi serta kesesuaian terhadap standar internasional [11]. Protokol QC yang komprehensif perlu mencakup evaluasi terhadap aspek keamanan mekanik dan listrik, tampilan citra, keseragaman, kedalaman penetrasi, akurasi pengukuran jarak, tampilan skala keabuan (*gray scale*), pencitraan objek *anechoic*, distorsi geometris, serta resolusi aksial dan lateral [6],[9]. Dalam hal ini, *phantom* memainkan peranan penting baik untuk pelatihan maupun untuk pengendalian mutu alat ultrasonografi [12],[13],[14].

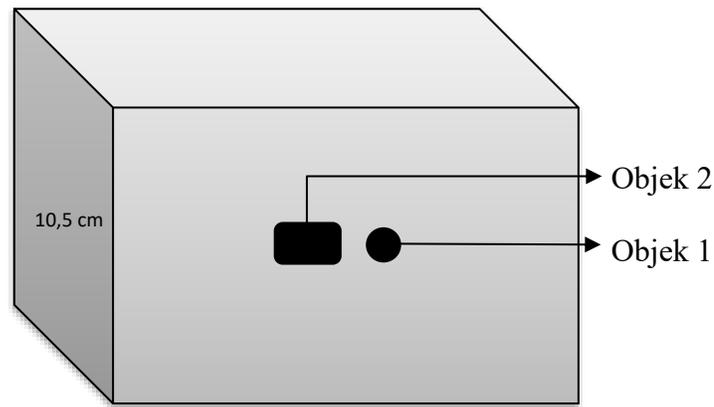
Phantom yang ideal seharusnya menyerupai karakteristik jaringan tubuh manusia, ekonomis, dapat digunakan kembali, memberikan umpan balik taktis, serta aman bagi pengguna [14]. Penelitian terkini telah banyak mengeksplorasi berbagai material dan metode untuk menghasilkan *phantom* yang efektif, akurat, dan terjangkau. Di antara berbagai jenis *phantom* yang tersedia, *phantom anechoic* memiliki peranan penting karena digunakan untuk mengevaluasi kinerja pemindai ultrasonografi, pengendalian kualitas, dan kalibrasi sistem. *Anechoic* merujuk pada suatu area atau struktur yang tidak memantulkan gelombang suara sehingga tampak sebagai area tanpa gema (*echo-free*) pada gambar sonografi. Ciri khas dari struktur *anechoic* adalah tampilannya yang gelap atau hitam pada monitor, menandakan tidak adanya pantulan gelombang suara yang kembali ke transduser[15].

Tingginya harga *phantom* komersial yang sebagian besar harus diimpor dari negara maju menjadi tantangan tersendiri bagi lembaga pendidikan dan fasilitas kesehatan di Indonesia. Sehingga pengembangan *phantom* lokal yang terjangkau, efektif, dan mudah diproduksi menjadi hal yang sangat penting untuk pelatihan medis dan pengendalian mutu [12]. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan material dasar (*base*) yang sesuai untuk *phantom anechoic* dengan menggunakan bahan yang lebih terjangkau, namun tetap efektif dan relevan dalam aplikasinya di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan pendekatan komparatif untuk menguji karakteristik akustik dari beberapa material yang digunakan sebagai bahan dasar *phantom* pada pemeriksaan ultrasonografi (USG). Alat USG yang digunakan dalam penelitian ini adalah merek Mindray tipe DP-10 yang dilengkapi transduser jenis convex dengan frekuensi 3,5 MHz. Material yang diuji meliputi air dan oli, yang masing-masing dipersiapkan sebagai sampel *phantom*. Setiap sampel kemudian diuji sebanyak lima kali pengukuran menggunakan teknik pencitraan ultrasonik. Hasil pencitraan dari masing-masing material dibandingkan untuk mengevaluasi kestabilan dan daya tahan

material, sehingga dapat ditentukan bahan dasar *phantom* yang paling sesuai untuk aplikasi USG.



Gambar 1. Desain *phantom*

Phantom dalam penelitian ini dibuat menggunakan dua wadah plastik berbentuk balok dengan kedalaman masing-masing 10,5 cm. Wadah pertama diisi dengan air sebagai medium utama, sedangkan wadah kedua diisi dengan oli. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua objek uji, yaitu sedotan berdiameter 8 mm yang diisi bensin sebagai Objek 1, serta potongan stereofom berdiameter 1 cm sebagai Objek 2. Kedua objek tersebut disusun secara sejajar pada kedalaman 4 cm dari dasar wadah.

Setelah penyusunan objek, masing-masing wadah diisi dengan bahan cair hingga mencapai ketinggian penuh, yaitu 10,5 cm. Selanjutnya, permukaan wadah ditutup rapat menggunakan plastik wrap untuk menjaga kestabilan permukaan dan mencegah kontaminasi. Proses pemindaian dilakukan menggunakan perangkat ultrasonografi (USG) Mindray DP-10 milik Laboratorium STIKES Semarang yang telah terkalibrasi dan dinyatakan laik pakai oleh PT. Sinergi Indocal Sejahtera.

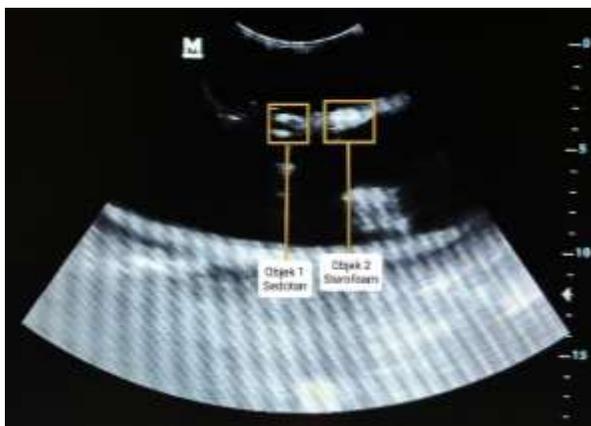
Pemilihan bahan medium dan objek uji didasarkan pada nilai densitasnya. Densitas jaringan daging manusia umumnya berada dalam kisaran 1000 hingga 1300 kg/m³. Air digunakan sebagai medium utama karena memiliki densitas mendekati jaringan biologis, yaitu sekitar 900 hingga 1000 kg/m³. Oli digunakan sebagai pembanding karena juga memiliki densitas relatif serupa, yaitu sekitar 800 hingga 900 kg/m³. Objek uji berupa bensin dipilih karena memiliki densitas antara 700 hingga 770 kg/m³, sementara stereofom digunakan untuk mewakili bahan dengan densitas sangat rendah, yaitu antara 10 hingga 50 kg/m³. Selain itu, dipilih sedotan sebagai media karena objek uji yang berupa bahan cair. Sedotan mempunyai penampang yang tipis dan berbentuk bulat, sehingga cocok untuk memasukkan material cakupan cair ke dalam *phantom* meskipun citra yang dihasilkan tidak selalu terlihat bulat sempurna.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi transduser ultrasonik, yang berfungsi untuk menghasilkan serta menerima gelombang ultrasonik. Transduser mengukur kecepatan gelombang pantul setelah mengenai objek di dalam *phantom*, dan

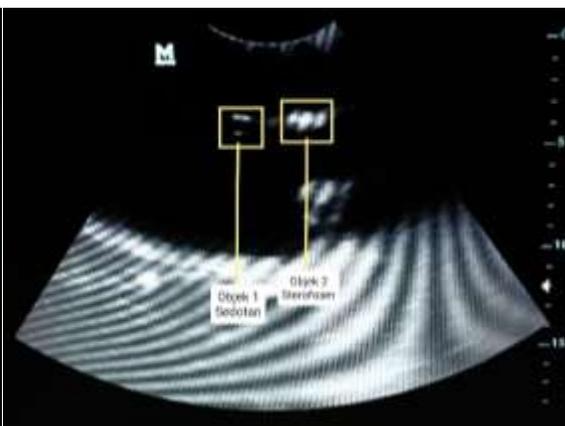
mentransformasikannya menjadi citra visual pada layar monitor. Selain itu, digunakan gel ultrasonik sebagai media perantara antara transduser (probe) dan permukaan *phantom*, yang berfungsi untuk mengoptimalkan transmisi gelombang ultrasonik, meningkatkan kejernihan citra yang dihasilkan, serta mempermudah pergerakan probe di atas permukaan *phantom*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dan menentukan material yang paling stabil dan tahan lama sebagai bahan dasar *phantom* untuk keperluan pemindaian ultrasonografi (USG). Pemindaian dilakukan menggunakan perangkat ultrasonografi Mindray DP-10, dengan dua objek uji yang sama, yaitu sedotan berisi bensin dan potongan sterofoam. Hasil citra dari pemindaian ditampilkan pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Hasil citra *phantom* air



Gambar 3. Hasil citra *phantom* oli

Pada penelitian pertama, *phantom* menggunakan material dasar berupa air, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2. Objek pertama (sedotan berisi bensin) menghasilkan citra berwarna hitam yang dikelilingi oleh batas berwarna putih. Warna hitam merepresentasikan cairan bensin, sedangkan warna putih menunjukkan dinding sedotan. Bentuk sedotan tidak terlihat bulat sempurna karena hanya bagian atas dan bawahnya yang terdeteksi oleh alat. Objek kedua (potongan sterofoam) ditampilkan dengan warna putih. Secara keseluruhan, citra yang dihasilkan tampak kurang jelas karena adanya *noise* serta bayangan objek yang muncul di sekitar area pemindaian. Hal ini disebabkan oleh sifat reflektif air yang tinggi, sehingga menimbulkan bayangan dari objek yang tergambar.

Pada penelitian kedua, *phantom* menggunakan material dasar berupa oli, sebagaimana ditampilkan pada gambar 3. Citra yang dihasilkan memperlihatkan objek-objek yang sama seperti pada *phantom* berbasis air. Namun, secara umum kualitas citra tampak lebih baik dan lebih jelas, dengan tingkat *noise* yang minimal. Meskipun demikian, bayangan dari objek sterofoam masih terlihat. Hal ini mengindikasikan bahwa selain air, sterofoam

juga memiliki sifat reflektif, sebagaimana terlihat dari bayangan yang muncul di bawah objek kedua pada gambar 3.



Gambar 4. Hasil citra pengukuran diameter objek *phantom* air



Gambar 5. Hasil citra pengukuran kedalaman jarak objek *phantom* air



Gambar 6. Hasil citra pengukuran diameter objek *phantom* oli



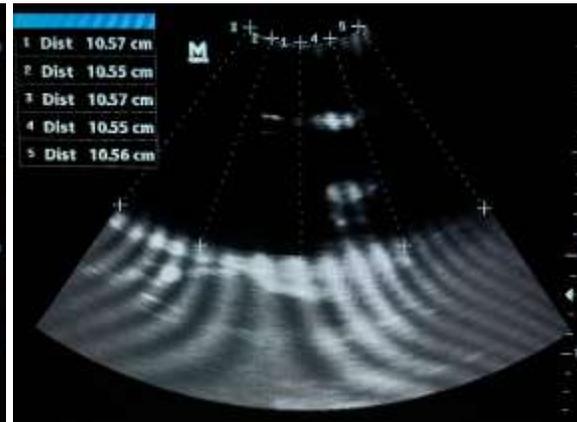
Gambar 7. Hasil citra pengukuran kedalaman jarak objek *phantom* oli

Hasil pengukuran yang diperoleh dari citra pada gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan karakteristik objek dalam *phantom* berisi air. Diameter objek 1 (sedotan berisi bensin) tercatat sebesar 0,82 cm, sedangkan diameter objek 2 (sterofoam) memiliki diameter sebesar 1,01 cm. Kedalaman yang terbaca untuk objek 1 adalah 4,00 cm, sedangkan untuk objek 2 tercatat sebesar 3,99 cm.

Selanjutnya, pada gambar 6 dan gambar 7 yang merepresentasikan *phantom* berisi oli, diperoleh hasil pengukuran diameter yang sama dengan *phantom* air, yaitu 0,82 cm untuk objek 1 dan 1,01 cm untuk objek 2. Namun, kedalaman yang terbaca untuk kedua objek pada *phantom* oli menunjukkan nilai yang identik, yakni sebesar 4,01 cm.



Gambar 8. Hasil citra pengukuran kedalaman *phantom* air



Gambar 9. Hasil citra pengukuran kedalaman *phantom* oli

Gambar 8 dan gambar 9 menampilkan hasil citra pengukuran kedalaman keseluruhan dari kedua jenis *phantom*. Dari hasil tersebut, diperoleh data pengukuran seperti yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan pengukuran kedalaman dari kedua *phantom*

Data (n)	Kedalaman (cm)	
	<i>Phantom</i> Air	<i>Phantom</i> Oli
X1	10,49	10,55
X2	10,42	10,57
X3	10,59	10,55
X4	10,53	10,57
X5	10,68	10,56
Σ	52,71	52,8
\bar{x}	10,542	10,56
σ	342,476	343,16
Persentase Kesalahan Relatif	5%	1%

Berdasarkan lima kali pengukuran, diperoleh rata-rata kedalaman untuk *phantom* air sebesar 10,542 cm dan untuk *phantom* oli sebesar 10,560 cm. Persentase kesalahan pada 5 kali pengukuran dari masing-masing *phantom*, yaitu 5% pada *phantom* air dan 1% pada *phantom* oli, yang mengindikasikan bahwa metode pengukuran yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi serta dapat diandalkan dalam pengukuran kedalaman objek secara presisi.

Tabel 2. Hasil uji kedua phantom

Aspek	Phantom Air	Phantom Oli
Kejelasan Citra	Noise tinggi, citra kurang jelas	Citra jernih, noise minimal
Bayangan Objek	Bayangan banyak	Bayangan lebih minim
Akurasi Ukuran	Dalam batas toleransi	Dalam batas toleransi
Stabilitas Citra	Kurang stabil	Lebih stabil
Kelebihan	Mudah didapat dan murah.	Citra lebih baik, minim <i>noise</i> , lebih stabil.
Kekurangan	<i>Noise</i> tinggi, citra kurang jelas, bayangan cukup mengganggu.	Sedikit bayangan tetap terlihat.

Berdasarkan hasil perbandingan, *phantom* berbasis oli menunjukkan performa yang lebih unggul dalam menghasilkan kualitas citra ultrasonografi dibandingkan dengan *phantom* berbasis air. Hal ini disebabkan oleh karakteristik fisik oli yang memiliki impedansi akustik lebih mendekati jaringan biologis manusia, sehingga mampu mengurangi refleksi gelombang secara berlebihan yang umumnya menimbulkan *noise* pada citra. Selain itu, viskositas oli yang relatif tinggi turut memengaruhi transmisi gelombang ultrasonik. Semakin tinggi viskositas suatu fluida, semakin besar pula energi gelombang akustik yang diserap oleh medium, sehingga gelombang pantul dapat diredam secara lebih efektif. Proses ini menghasilkan citra yang lebih jernih, stabil, dan minim gangguan *noise*. Dengan demikian, oli direkomendasikan sebagai bahan dasar *phantom anechoic* karena mampu memberikan kualitas pencitraan yang lebih representatif dan akurat untuk keperluan kalibrasi maupun pelatihan ultrasonografi.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dari segi kualitas visual, *phantom* oli menghasilkan yang lebih jernih, *noise* yang minimal, serta memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dibandingkan *phantom* air sehingga direkomendasikan sebagai bahan dasar terbaik untuk pembuatan *phantom* lokal yang efektif, ekonomis, dan dapat digunakan dalam pelatihan maupun kalibrasi perangkat USG di fasilitas kesehatan dan institusi pendidikan di Indonesia.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKES) Semarang atas dukungan fasilitas laboratorium yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing serta seluruh pihak yang telah memberikan masukan dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Dukungan teknis dari PT. Sinergi Indocal Sejahtera dalam kalibrasi perangkat ultrasonografi juga sangat berarti bagi kelancaran dan validitas hasil penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. M. Al-Munawar, C. FRW, and A. Y. Jufan, "Peran Ultrasonografi dalam Kegawatdaruratan," *J. Komplikasi Anestesi*, vol. 2, no. 2, pp. 85–94, 2023, doi: 10.22146/jka.v2i2.7212.
- [2] Lady Tioro Coilal, Legina Anggraeni, and Irwanti Gustina, "Gambaran Tingkat Pengetahuan Ibu Hamil Tentang Manfaat Ultrasonografi (Usg) Dalam Pemeriksaan Kehamilan," *Binawan Student J.*, vol. 2, no. 2, pp. 242–245, 2020, doi: 10.54771/bsj.v2i2.125.
- [3] N. A. Mappaware *et al.*, "Ultrasonografi Obstetri Dalam Prespektif Medis, Kaidah Bioetika Dan Islam," *Wal'afiat Hosp. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2020, doi: 10.33096/whj.v1i1.2.
- [4] J. I. W. MZ *et al.*, "Frekuensi Pemeriksaan Ultrasonografi (USG) pada Pasien Antenatal Care (ANC)," *Fakumi Med. J. J. Mhs. Kedokt.*, vol. 1, no. 3, pp. 161–169, 2022, doi: 10.33096/fmj.v1i3.60.
- [5] G. Vara, A. Rustici, A. Sechi, C. Mosconi, V. Lucidi, and R. Golfieri, "Texture analysis on ultrasound: The effect of time gain compensation on histogram metrics and gray-level matrices," *J. Med. Phys.*, vol. 45, no. 4, pp. 249–255, 2020, doi: 10.4103/jmp.JMP_82_20.
- [6] V. Tsapaki, I. A. Tsalafoutas, S. S. Triantopoulou, and C. Triantopoulou, "Development and implementation of a quality control protocol for B-mode ultrasound equipment," *J. Ultrasound*, vol. 25, no. 2, pp. 155–165, 2022, doi: 10.1007/s40477-021-00579-7.
- [7] P. J. Pardosi, M. A. Primasyukra, S. Ulina, and K. Abdillah, "Analisa Pemeliharaan Preventif Alat Ultrasonograph (Usg) Siemens Aquason-X300 Di Rumah Sakit Universitas Sumatera Utara," *J. Mutiara Elektromedik*, vol. 8, no. 1, pp. 29–36, 2024, doi: 10.51544/elektromedik.v8i1.5300.
- [8] N. Iqeilan, A. Aly, S. Al Mohannadi, and H. Al Naemi, "Quality Control Program in Medical Ultrasound at Hamad Medical Corporation: Current Status," *Eur. J. Med. Heal. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 23–26, 2022, doi: 10.24018/ejmed.2022.4.2.995.
- [9] E. Sassaroli, A. Scorza, C. Crake, S. A. Sciuto, and M. A. Park, "Breast ultrasound technology and performance evaluation of ultrasound equipment: B-mode," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 64, no. 1, pp. 192–205, 2017, doi: 10.1109/TUFFC.2016.2619622.
- [10] H. Grazhdani *et al.*, "Quality assurance of ultrasound systems: current status and review of literature," *J. Ultrasound*, vol. 21, no. 3, pp. 173–182, 2018, doi: 10.1007/s40477-018-0304-7.
- [11] Dyah Ayu Permata Sari and Sumadi, "Analisis Kelayakan Pengembangan Usaha Kalibrasi Pt. Indraloka Kabupaten Sukoharjo," *Semin. Nas. Pariwisata dan Kewirausahaan*, vol. 2, pp. 209–216, 2023, doi: 10.36441/snpk.vol2.2023.119.
- [12] C. F. R. Putri, G. Maslebu, and A. Setiawan, "Analisis Densitas Larutan Berbasis Citra Phantom Agar dalam Kendali Mutu USG," *Positron*, vol. 11, no. 1, p. 26, 2021, doi: 10.26418/positron.v11i1.44404.

- [13] E. Çetin, H. Okan, and B. Karaböce, “Ultrason Fantomu Kullan ı larak Bir Ultrasonografi Cihaz ı n ı n İ ncelenmesi : Bir Operatör Yeterlilik Testi Örne ğ i
Inspection of an Ultrasonography Device by Using Ultrasound Phantom : An Example of Operator Proficiency Test,” pp. 2018–2021, 2021.
- [14] Y. H. Kim, “Ultrasound phantoms to protect patients from novices,” *Korean J. Pain*, vol. 29, no. 2, pp. 73–77, 2016, doi: 10.3344/kjp.2016.29.2.73.
- [15] S. Cournane, A. J. Fagan, and J. E. Browne, “Breast ultrasound imaging systems performance evaluation using novel Contrast-Detail (C-D) and Anechoic-Target (A-T) phantoms,” *Phys. Medica*, vol. 130, no. January, p. 104910, 2025, doi: 10.1016/j.ejmp.2025.104910.