JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya (2025) Vol. 12 (2): 244 - 251
DOI: 10.24252/jft.v12i2.57188

JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya
p-ISSN: 2302-1497, e-ISSN: 2715-2774
http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft

Perbandingan Stabilitas Bahan dan Kualitas Citra *Grayscale* pada *Phantom Ultrasonography* (USG) Berbasis Agar dan Oli

Kusma Dwi Yuristika[1*], Imam Tri Harsoyo[1], dan Pramesti Kusumaningtyas[1]

[1]*Program Studi Teknik Elektromedik, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang*

Email: kusmadwiyuristika@gmail.com
**Corresponding Author*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan stabilitas bahan dan kualitas citra *grayscale* dari *phantom ultrasonography* (USG) berbasis agar dan oli. Metode yang digunakan meliputi pembuatan dua jenis *phantom* dengan objek yang sama, kemudian dilakukan pencitraan menggunakan perangkat *Ultrasonography* (USG) merek MINDRAY tipe DP-10. Data *grayscale* dianalisis melalui perhitungan rata-rata, standar deviasi, serta evaluasi visual berdasarkan *homogenitas*, kontras, *noise*, dan ketajaman tepi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua *phantom* memiliki nilai *grayscale* yang masih berada dalam rentang toleransi ±10% terhadap rata-rata, menandakan kestabilan propagasi gelombang pada kedalaman yang dapat diterima. Namun, *phantom* oli menunjukkan nilai rata-rata intensitas lebih tinggi 9,838 cm dan standar deviasi lebih rendah 0,152053, dibandingkan agar 9,584 cm dan standar deviasi 0,202. Citra *phantom* oli tampak lebih homogen, tajam, dan minim *noise* dibandingkan phantom agar. Dengan demikian, *phantom* berbasis oli dinilai lebih unggul dalam menghasilkan kualitas citra *grayscale* yang stabil dan representatif, serta lebih tahan lama dibandingkan agar.
Kata kunci: Agar; *Grayscale*; Oli; *Phantom*; *Ultranography* (USG).

Abstract

This study aims to compare the stability of materials and grayscale image quality of agar and oil-based ultrasonography (USG) phantoms. The method used includes making two types of phantoms with the same object, then imaging using a MINDRAY brand Ultrasography (USG) device type DP-10. Grayscale data was analyzed by calculating the average, standard deviation, and visual evaluation based on homogeneity, contrast, noise, and edge sharpness. The results showed that both phantoms had grayscale values that were still within the tolerance range of ±10% of the average, indicating the stability of wave propagation at an acceptable depth. However, the oil phantom showed a higher average intensity value of 9.838 cm and a lower standard deviation of 0.152053, compared to agar 9.584 cm and a standard deviation of 0.202. The oil phantom image appeared more homogeneous, sharp, and had minimal noise compared to the agar phantom. Thus, the oil-based phantom is considered superior in producing stable and representative grayscale image quality, and is more durable than agar.
Keywords: *Agar; Grayscale; Oil; Phantom, Ultranography (USG).*

1. PENDAHULUAN

Ultrasonography (USG) merupakan alat diagnostik krusial dalam pemantauan kehamilan dan pencitraan medis. Model *phantom* sangat penting untuk pengendalian mutu dan kalibrasi perangkat USG. *Phantom* berbasis agar menawarkan sifat seperti jaringan tetapi memiliki umur pakai yang terbatas [1]. *Phantom* silikon dapat digunakan untuk menilai akurasi jarak pada gambar USG, dengan teknik komputasi yang menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengukur kedalaman objek [2]. *Phantom* cetak 3D telah dikembangkan untuk kalibrasi *ultrasonography*, yang menunjukkan peningkatan akurasi dalam sistem pembedahan yang dipandu gambar. Efektivitas USG dalam perawatan prenatal bergantung pada pengetahuan ibu hamil dan perilaku pemanfaatannya. Sebuah penelitian menemukan korelasi positif yang kuat antara pengetahuan ibu hamil tentang USG dan pemanfaatan teknologi tersebut untuk perawatan *antenatal* [3][4]. Pemeriksaan USG dapat mendeteksi kehamilan, viabilitas janin, lokasi plasenta, dan usia gestasi. Meski tidak wajib, USG diharapkan dapat mendeteksi risiko dini pada janin [4].

Penelitian tentang *phantom ultrasonography* (USG) telah mengeksplorasi berbagai bahan untuk meniru sifat jaringan. *Phantom* berbasis minyak telah menunjukkan keunggulan untuk stabilitas dan kemampuannya untuk meniru jaringan lemak. Seperti, [5] [6] menciptakan *phantom* gel minyak menggunakan minyak parafin dan *SEBS*, yang menunjukkan stabilitas *temporal* yang tinggi dan kesesuaian untuk standarisasi di seluruh pusat. [7] juga membahas berbagai gel berbasis minyak, termasuk SEBS dan gel balistik, sebagai alternatif yang stabil untuk hidrogel untuk *phantom* ultrasonik. Sebaliknya, [1] mengeksplorasi *phantom* berbasis agar, yang meskipun mudah dibuat dan mirip dengan jaringan lunak, memiliki keterbatasan dalam penggunaan jangka panjang karena pertumbuhan jamur.

Phantom grayscale memainkan peran penting dalam menilai kualitas gambar dan kinerja sistem dalam pencitraan medis. *Phantom* digunakan untuk mengevaluasi kemampuan deteksi kontras rendah dalam sistem *ultrasonography* dan menilai grayscale/rentang dinamis dalam ultrasonografi. Phantom juga dapat digunakan untuk menentukan Rentang Dinamis Lokal (LDR) dalam pencitraan ultrasonografi melalui Fungsi Pemetaan Skala Abu-abu (GMF) [8]. Penilaian berbasis *phantom* ini penting untuk membandingkan sistem pencitraan, mengevaluasi solusi pencitraan baru, dan mempertahankan kontrol kualitas dalam pencitraan medis, terutama ketika studi pengamat manusia dengan data pasien nyata tidak praktis [9].

Citra *grayscale* merupakan representasi sederhana dari citra berwarna, dengan mengubah tiga lapisan RGB menjadi satu lapisan *grayscale* [10]. Konversi ini sering kali menjadi langkah awal dalam pengolahan citra untuk mengurangi kompleksitas. Akan tetapi, citra digital dapat mengalami penurunan kualitas atau *noise*, sehingga memerlukan teknik peningkatan citra [11]. Salah satu metode tersebut adalah median filter, yang secara efektif dapat mengurangi *noise* dengan mengurutkan nilai piksel dan memilih *median* [11]. Teknik peningkatan citra ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra dan memaksimalkan kandungan informasi, dengan mengubah citra masukan menjadi citra keluaran yang lebih berkualitas[12]. Secara keseluruhan, pengolahan dan peningkatan citra *grayscale*

memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi, menyediakan informasi *visual* yang lebih baik untuk analisis atau interpretasi lebih lanjut.

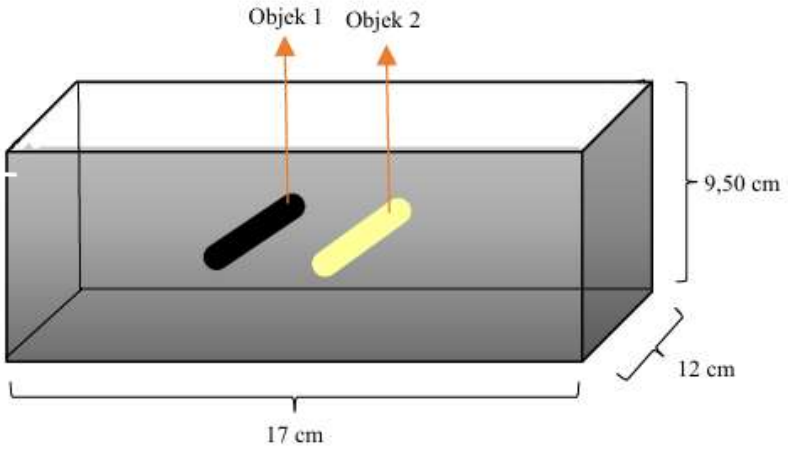
Densitas penting dalam menentukan impedansi akustik bahan *phantom*. Bahan-bahan ini dapat meniru sifat jaringan lunak dengan kepadatan berkisar antara 0,77-0,93 g/cm³ untuk *phantom* bahan minyak [13], sedangkan sekitar 1,00 g/cm³ untuk bahan air. Bahan dengan densitas yang lebih tinggi cenderung memantulkan lebih banyak gelombang ultrasonik, yang berpotensi meningkatkan kontras gambar tetapi juga berisiko menimbulkan artefak jika tidak disesuaikan dengan parameter pencitraan [14]. Beberapa penelitian sebelumnya juga telah membahas penggunaan *phantom* berbasis agar dan *phantom* berbasis minyak dengan berbagai metode evaluasi. *Phantom* agar umumnya digunakan untuk analisis kualitas citra menggunakan parameter seperti nilai *grayscale*, kontras citra, dan homogenitas, karena sifatnya yang menyerupai jaringan lunak. Namun, keterbatasan stabilitas jangka panjang menjadi salah satu kendala utama [1]. Sementara itu, *phantom* berbasis minyak, termasuk *oil-gel* berbahan minyak parafin dan SEBS, telah dikembangkan dan diuji menggunakan metode analisis *grayscale*, stabilitas temporal, serta pengukuran parameter akustik seperti kecepatan rambat suara dan impedansi akustik [5][6].

Berdasarkan perbedaan karakteristik densitas, respon akustik, serta kestabilan material antara phantom berbasis agar dan phantom berbasis minyak, diperlukan penelitian komparatif untuk menilai pengaruh jenis bahan phantom terhadap kualitas citra ultrasonografi dan kestabilan penggunaan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan *phantom* agar dan *phantom* oli dalam hal kualitas citra *grayscale* dan kestabilan bahan terhadap lingkungan. Dengan menganalisis kedalaman visualisasi, kontras citra, serta gangguan *noise* yang muncul, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan *phantom* USG yang lebih andal, ekonomis, dan tahan lama, terutama untuk kebutuhan kalibrasi dan pelatihan di bidang pencitraan medis.

2. METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat *ultrasonography* merek MINDRAY tipe DP-10 sebagai alat utama untuk memperoleh citra dan data diagnostik. Pada pembuatan *phantom* berbahan dasar agar, menggunakan bubuk agar sebanyak 7 gram yang dilarutkan ke dalam 1800 mL air, menghasilkan rasio campuran 1:2. Proses pemanasan dilakukan hingga larutan homogen, kemudian didinginkan sebelum digunakan. Sebagai objek uji internal dalam *phantom*, digunakan dua jenis material, yaitu sedotan plastik yang diisi dengan minyak, serta nilon sepanjang 20 meter yang sudah dililit.

Sementara itu, *phantom* berbahan dasar oli dibuat dengan cara mengisi sebuah wadah dengan oli. Objek yang digunakan dalam phantom oli sama dengan yang digunakan dalam *phantom* agar. Untuk membatasi kontak langsung antara probe USG dan permukaan oli, digunakan lapisan plastik wrapping sebagai penutup bagian atas wadah. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga kestabilan permukaan serta mencegah kontaminasi probe.



Gambar 1. Desain *phantom*

Wadah *phantom* yang digunakan berbahan plastik dengan bentuk balok berukuran (p x l x t) cm adalah 17 x 12 x 9,50 cm. Dimana objek ditempatkan di tengah-tengah wadah dengan sejajar. Objek 1 merupakan sedotan plastik yang berisi minyak dengan fungsi sebagai jaringan lunak, sedangkan objek 2 berupa nilon sepanjang 20 meter yang sudah dililit berfungsi sebagai jaringan padat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

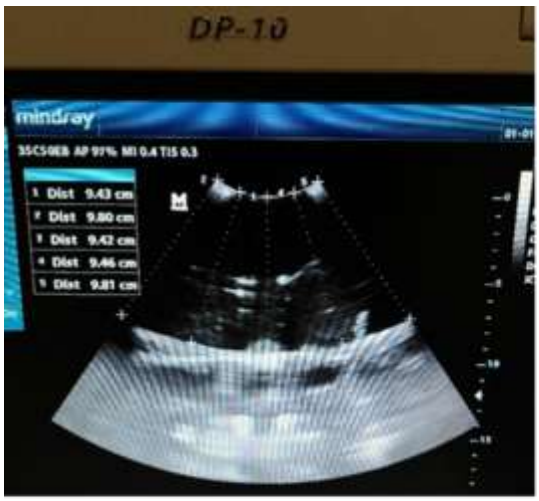
Penelitian ini mengevaluasi performa dua jenis *phantom ultrasonography* (USG), yaitu *phantom* berbasis agar dan phantom berbasis oli, dengan tujuan membandingkan kualitas citra *grayscale* yang dihasilkan serta kestabilan bahan dari masing-masing *phantom*. Proses pencitraan dilakukan menggunakan alat *ultrasonography* (USG) merek MINDRAY tipe DP-10. Kedua jenis *phantom* mengandung dua objek yang sama, yaitu sedotan berisi minyak dan benang nilon yang telah dililit.

Simpangan baku berperan dalam pengendalian mutu teknik pencitraan medis seperti *ultrasonography* (USG). Simpangan baku (standar deviasi) merupakan ukuran variabilitas data yang menunjukkan seberapa besar nilai menyimpang dari nilai rata-rata [15]. Rumus nilai rata-rata sebagai berikut :

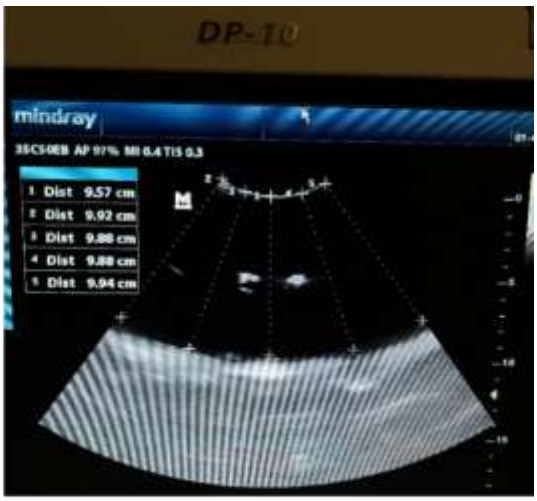
$$\bar{x} = \sum x \,/n \qquad (1)$$

Untuk mencari nilai simpangan baku (standar deviasi) pada hasil citra *phantom* sebagai berikut :

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(xi - \bar{x})^2} \,/\, n\text{-}1 \qquad (2)$$



Gambar 3. Pengukuran kedalaman *phantom* agar



Gambar 4. Pengukuran kedalaman *phantom* oli

Tabel 1. Rata-rata dan simpangan baku (standar deviasi).

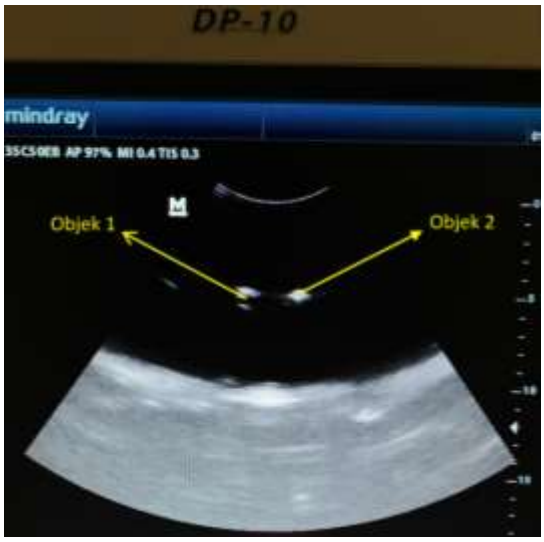
Data (n)	Kedalaman (cm)	
	Phantom agar	*Phantom* oli
x1	9,43	9,57
x2	9,80	9,92
x3	9,42	9,88
x4	9,46	9,88
x5	9,81	9,94
$\bar{x}$	9,584	9,838
σ	0,202312	0,152053
% eror	**0,46074**	**0,011**

Dari hasil perhitungan diatas rata-rata kedalaman *phantom* agar dan *phantom* oli masuk kedalam ambang toleransi yaitu ±10%. Kondisi ini menunjukkan bahwa masing-masing *phantom* pada berbagai kedalaman tidak melebihi batas toleransi dan mampu menghantarkan gelombang *ultrasonic* cukup stabil, meskipun terdapat perbedaan nilai standar deviasi.

Nilai standar deviasi dalam kualitas citra *grayscale* digunakan sebagai indikator kestabilan dan homogenitas *grayscale* yang ditangkap oleh sensor *ultrasonography* pada suatu area *phantom*. Pada Tabel 1 *phantom* oli menunjukkan nilai standar deviasi sebesar 0,152053, lebih rendah dibandingkan *phantom* agar yang memiliki standar deviasi 0,202312. Hal ini menunjukkan bahwa citra dari *phantom* oli lebih stabil, seragam, dan bebas gangguan visual, seperti *noise* atau artefak. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5 & 6.



Gambar 5. Hasil citra *phantom* agar



Gambar 6. Hasil citra *phantom* oli

Dari gambar 5 dan 6 dapat dilihat hasil citra antara *phantom* agar dengan *phantom* oli. Terdapat 2 objek yang sama yaitu objek 1 sedotan yang berisi minyak dan objek 2 nilon yang dililit. Gambar 5 citra objek kurang terlihat jelas karena masih banyak *noise* di sekitar objek, kebalikannya dengan gambar 6 objek terlihat dengan jelas dan minim *noise*. Perbandingan kualitas citra *grayscale* terdiri dari beberapa faktor yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan kualitas citra grayscale phantom agar dan phantom oli.

Faktor	Phantom agar	Phantom oli
Homogenitas	Kurang	Baik
Kontras	Cukup	Baik
Ketajaman Tepi (*Edge Sharpness*)	Kurang tajam	Tajam
Noise	Lebih banyak	Lebih sedikit
Kestabilan Kedalaman	Sedikit memudar	Stabil
Kualitas Visual Umum	Sedang	Baik

Berdasarkan hasil Tabel 2, visual terhadap citra *grayscale*, *phantom* berbasis oli menunjukkan kualitas citra yang lebih unggul dibandingkan *phantom* agar. Hal ini ditunjukkan melalui tingkat *homogenitas* intensitas yang lebih baik, kontras objek yang lebih jelas, serta batas tepi yang tampak lebih tajam. Selain itu, citra *phantom* oli memiliki tingkat *noise* yang lebih rendah dan menunjukkan kualitas visual umum hingga kedalaman yang lebih dalam. Sebaliknya, *phantom* agar menunjukkan ketidakhomogenan, kontras dan ketajaman tepi yang lebih rendah, serta gangguan *noise* yang lebih menonjol. Secara keseluruhan, *phantom* oli menghasilkan citra *grayscale* yang lebih representatif dan layak digunakan dalam simulasi dan evaluasi pencitraan *ultrasonography*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap *phantom ultrasonography* (USG) berbasis agar dan oli, diketahui bahwa kedua jenis phantom masih berada dalam rentang toleransi ±10% terhadap nilai rata-rata kedalaman, yang menunjukkan kemampuan propagasi gelombang ultrasonik yang stabil. Namun, *phantom* oli menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan *phantom* agar. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata intensitas yang lebih tinggi dan standar deviasi yang lebih rendah, yang menandakan kestabilan citra yang lebih baik. Selain itu, citra *phantom* oli menunjukkan tingkat homogenitas yang tinggi, kontras yang jelas, serta batas objek yang lebih tajam. Secara keseluruhan, kualitas visual citra *grayscale* yang dihasilkan oleh *phantom* oli lebih representatif dan minim *noise* dibandingkan *phantom* agar. Oleh karena itu, *phantom* berbasis oli dinilai lebih layak digunakan dalam kegiatan simulasi, pelatihan, maupun kalibrasi perangkat USG. Selain memberikan kualitas citra yang lebih baik, *phantom* oli juga memiliki keunggulan dalam hal daya tahan, sehingga dapat menjadi alternatif yang lebih efektif dan efisien untuk keperluan pencitraan medis jangka panjang.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan terlaksana tanpa dukungan berbagai pihak. Apresiasi dan terima kasih disampaikan kepada Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang atas penyediaan fasilitas dan dukungan teknis selama penelitian berlangsung. Ucapan terima kasih turut ditujukan kepada para dosen pembimbing atas arahan dan masukan yang konstruktif selama proses penyusunan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] 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.

[2] D. Pangestuti, G. Maslebu, and S. Trihandaru, “Perancangan Pengukuran Akurasi Jarak Menggunakan Phantom Silicone Pada Kontrol Kualitas Ultrasonografi dengan Teknik Komputasi,” *J. Sains dan Edukasi Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 36–41, 2019, doi: 10.24246/juses.v2i1p36-41.

[3] N. F. Suryaningsih, B. S. Nirwana, P. Wahyu Wigati, and H. Saidah, “Hubungan Tingkat Pengetahuan Ibu Hamil Tentang Ultrasonografi Dalam Pemeriksaan Kehamilan Dengan Perilaku Pemanfaatan Ultrasonografi,” *J. Mhs. Kesehat.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2023, doi: 10.30737/jumakes.v4i1.3505.

[4] A. T. Angka, “PEMANFAATAN USG DI KLINIK WIJAYA KUSUMA MAKASSAR,” pp. 22–31, 2024.

[5] A. Suzuki *et al.*, “Oil Gel-Based Phantom for Evaluating Quantitative Accuracy of Speed of Sound Measured in Ultrasound Computed Tomography,” *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 45, no. 9, pp. 2554–2567, 2019, doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2019.05.011.

[6] Y. Wang *et al.*, “Fabrication of SEBS Block Copolymer-Based Ultrasound Phantom

Containing Mimic Tumors for Ultrasound-Guided Needle Biopsy Training," *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 48, no. 6, pp. 1143–1150, 2022, doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2022.02.020.

[7] T. Z. Pavan and M. Evertsson, "Oil-Based Gel Phantoms and the Speed of Sound," *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 46, no. 11, pp. 3170–3171, 2020, doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.011.

[8] A. Scorza, F. Orsini, and S. Andrea Sciuto, "Use of phantoms and test objects for local dynamic range evaluation in medical ultrasounds: A preliminary study," *I2MTC 2017 - 2017 IEEE Int. Instrum. Meas. Technol. Conf. Proc.*, 2017, doi: 10.1109/I2MTC.2017.7969844.

[9] F. Noo, K. Hahn, H. C. Davidson, U. Rassner, and M. E. Heilbrun, "Influence of the grayscale on phantom-based image quality assessment in x-ray computed tomography," *Med. Imaging 2015 Image Perception, Obs. Performance, Technol. Assess.*, vol. 9416, p. 94160G, 2015, doi: 10.1117/12.2082914.

[10] C. Noor Santi, "Mengubah Citra Berwarna Menjadi Gray Scale dan Citra biner Rina," *Teknol. Inf. Din.*, vol. 16, no. 1, pp. 14–19, 2011.

[11] A. Prasetio, "Citra Digital Dan Algoritma Penerapannya," pp. 4–16, 2021, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.31237/osf.io/7amr8

[12] M. S. Ummah, "Perbaikan Kualitas Citra Grayscale Dengan Metode Median Filter," *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019, [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

[13] L. C. Cabrelli, F. W. Grillo, A. A. O. Carneiro, and T. Z. Pavan, "Copolymer-in-oil tissue-mimicking material with tunable acoustic properties," *IEEE Int. Ultrason. Symp. IUS*, vol. 2016-Novem, pp. 8–11, 2016, doi: 10.1109/ULTSYM.2016.7728859.

[14] P. Chen *et al.*, "Acoustic characterization of tissue-mimicking materials for ultrasound perfusion imaging research," *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 48, no. 1, pp. 124–142, 2022, doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.09.004.

[15] A. Pratikno, A. Prastiwi, and S. Ramahwati, "Ragam Simpangan Baku serta Cara Menghitung Ragam Simpangan Baku," pp. 5–7, Mar. 2020, doi: 10.31219/osf.io/q9umh.