E-ISSN: 3025-0501
Vol. 4, No. 6, November 2026
pp. 122-138

Almakki Health Informatics Journal

Pengembangan *Prototype Phantom* USG Payudara sebagai Media Simulasi Inovatif Berbahan Dasar Gelatin Sapi

Fitriasih*, Edy Susanto, Bagus Dwi Handoko
Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia
Email : fitriasihssm24@gmail.com*, edysusanto@poltekkes-smg.ac.id, bagusdwi@poltekkessmg.ac.id

Keywords:
Breast Ultrasound Phantom; Bovine Gelatin; Ultrasonography Education simulation-Based Learning.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Al-Makki Publisher

Abstract

Limited simulation resources and patient privacy concerns constrain practical breast ultrasonography education, while commercial phantoms remain expensive. This study aimed to develop a bovine gelatin breast ultrasound phantom and assess its image representation, feasibility, and practicality as a learning resource. A research and development approach incorporated design, fabrication, formulation refinement, ultrasound imaging, expert validation, and user assessment. The phantom combined bovine gelatin, agar, silicone, and tissue mimicking materials to simulate subcutaneous fat, glandular tissue, pectoral muscle, and ribs. Assessments involved four sonography experts, two radiologists, and 15 radiologic imaging technology students. Data were collected through observation, interviews, ultrasound scanning, and questionnaires using a four point Likert scale, then analyzed using descriptive quantitative methods. Expert and student assessments yielded mean scores of 3.65 and 3.76, respectively, indicating high feasibility. The phantom demonstrated distinguishable sonographic patterns between layers, although glandular tissue and pectoral muscle visualization required refinement. No mold was observed during four inspections in June 2026. Fabrication cost was IDR 759,400. These findings support its potential as an affordable resource for anatomical recognition and scanning practice. The phantom was considered feasible and practical; however, improvements in clinical skills remain unverified. Further material refinement and pathological variations are needed to improve realism.

Kata Kunci:
Phantom Payudara; Gelatin Sapi; Media Pembelajaran Ultrasonografi.

Abstrak

Keterbatasan media simulasi dan privasi pasien menjadi kendala pembelajaran praktik ultrasonografi payudara, sedangkan phantom komersial mahal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan phantom ultrasonografi payudara berbahan gelatin sapi serta menilai representasi citra, kelayakan, dan kepraktisannya sebagai media pembelajaran. Penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development* melalui perancangan, pembuatan, penyempurnaan formulasi, pengujian citra, validasi ahli, dan penilaian pengguna. Phantom dibuat menggunakan gelatin sapi, agar, silikon, serta bahan peniru jaringan untuk menyimulasikan lemak subkutan, jaringan glandular, otot pektoral, dan tulang iga. Pengujian melibatkan empat ahli sonografi, dua dokter spesialis radiologi, dan 15 mahasiswa D4 Teknologi Radiologi Pencitraan. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, pemindaian ultrasonografi, dan kuesioner berskala Likert empat poin, kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil menunjukkan rerata penilaian ahli sebesar 3,65 dan mahasiswa sebesar

3,76, keduanya termasuk kategori sangat layak. Phantom menampilkan perbedaan pola sonografi antarlapisan, meskipun visualisasi jaringan glandular dan otot pektoral memerlukan penyempurnaan. Tidak ditemukan jamur pada empat pemeriksaan selama Juni 2026. Biaya pembuatan mencapai Rp759.400. Temuan mendukung potensi phantom sebagai media simulasi terjangkau untuk pengenalan anatomi dan latihan pemindaian. Disimpulkan bahwa phantom layak dan praktis berdasarkan penilaian responden, tetapi efektivitasnya terhadap peningkatan keterampilan klinis belum dibuktikan. Penyempurnaan material, detail anatomi, dan penambahan variasi patologis diperlukan untuk meningkatkan realisme dan relevansi pembelajaran.

PENDAHULUAN

Ultrasonografi (USG) merupakan modalitas pencitraan penunjang diagnosa medis yang menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi yang memiliki rentang frekuensi tinggi yaitu 2 hingga 12 MHz dalam menghasilkan citra. Modalitas Ultrasonografi umumnya ditemukan di fasilitas kesehatan sebagai pencitraan penunjang yang relative murah serta non invasive. Ultrasonografi bekerja melalui gelombang yang dipancarkan melalui kristal piezoelectric kedalam organ tubuh dan akan diterima Kembali ke kristal lalu menghasilkan citra yang dikenal sebagai citra ultrasonografi (Elmekki & Alagha, 2025; Lucas & Grap, 2014).

Ultrasonografi menjadi salah satu modalitas yang digunakan dalam melakukan evaluasi pada organ payudara. Umumnya pemeriksaan ultrasonografi payudara akan dilakukan berdampingan dengan mammografi untuk menegakkan diagnosa yang lebih baik dalam pemeriksaan penunjang (Sohn et al., 1999).

Payudara merupakan organ pada tubuh manusia yang memiliki fungsi serta peran yang penting pada fungsi reproduksi perempuan. Payudara terdiri dari kelenjar susu yang dikenal sebagai glandular, yang terhubung dengan saluran susu (duktus), dan jaringan ikat yang memberikan bentuk serta mendukung struktur kelenjar tersebut. Payudara juga dilengkapi dengan pembuluh darah, saraf, dan lapisan lemak yang berfungsi sebagai pelindung dan pemberi bentuk. Dalam struktur anatomi payudara, terdapat dua tipe jaringan utama, yaitu jaringan kelenjar yang mengandung sel-sel yang dapat menghasilkan susu, dan jaringan lemak yang memberikan volume dan elastisitas pada payudara. Pada usia produktif payudara akan memiliki struktur glandular yang lebih tebal karena fungsinya untuk mempersiapkan ASI yang digunakan sebagai makanan utama untuk bayi yang baru lahir sedangkan saat memasuki umur menopause struktur jaringan glandular akan berkurang ketebalannya (Moinfar, 2007).

Seperti layaknya organ manusia lainnya, payudara memiliki beberapa patologi yang kerap ditemui. Kelainan yang sering ditemukan saat dilakukannya pemeriksaan seperti kista pada payudara, FAM (*fibroadenoma mammae*) dan kelenjar getah bening. Patologi tersebut tergolong benign atau jinak sehingga pasien bisa lebih waspada dengan temuan yang didapatkan ssaat pemeriksaan. Kegunaan adanya pemeriksaan payudara diharapkan sebagai tindakan pencegahan terhadap kelainan sehingga dapat menghindari penyakit yang lebih lanjut (O'Malley et al., 2011; Tan, 2017).

Dalam dunia radiologi terutama cabang keilmuannya yaitu ultrasonografi, pemeriksaan payudara merupakan pemeriksaan yang sering ditemui dalam pemeriksaan di rumah sakit maupun pemeriksaan rutin. Pengetahuan akan kesehatan payudara bagi masyarakat dinilai

sangat kurang dibuktikan dari survei yang dilakukan bahwa hanya ada sebagian kecil dari masyarakat yang memiliki wawasan mengenai hal tersebut. Pemeriksaan rutin pada payudara yang dapat dilakukan sendiri adalah SADARI, kegiatan tersebut dapat dilakukan siapapun di rumah dengan cara menyentuh area payudara dengan gerakan memutar guna memeriksa apakah ada kelainan pada payudara yang dapat dilakukan dengan sederhana. Selain kegiatan SADARI, pemeriksaan rutin payudara dapat dilakukan dengan berbagai moalitas seperti USG, Mammogram hingga MRI (Angrainy, 2017; Lubis, 2017).

Pemeriksaan payudara umumnya pasien diminta untuk membuka baju bagian atas, untuk USG dilakukan dengan berbaring dengan sonografer yang melakukan pemeriksaan dengan probe dan gel. Pemeriksaan USG payudara disarankan untuk perempuan sebagai langkah pemeriksaan awal karena non invasive tanpa menggunakan radiasi, perempuan dengan umur dibawah 40 tahun juga lebih disarankan untuk melakukan USG payudara karena kepadatan jaringan yang lebih tinggi. Pemeriksaan payudara selanjutnya adalah Mammogram yang dilakukan menggunakan radiasi dengan menjepit area payudara hingga ketiak untuk menghasilkan gambaran yang optimal, pemeriksaan ini umumnya dilakukan berdampingan dengan USG. Mammogram sering dinilai tidak nyaman oleh pasien karena menjepit area payudara hingga ketiak menggunakan paddle dengan tekanan tertentu sehingga terdapat rasa tidak nyaman. Pemeriksaan payudara lainnya adalah MRI payudara yang dilakukan dengan magnet dan sifatnya non invasive (Ermawati, 2020; Furaidah et al., 2026).

Pembelajaran mengenai materi USG payudara di institusi pendidikan sering kali menjadi tantangan. Minimnya pasien serta isu privasi yang dialami pasien menjadi hambatan dalam mempelajari materi tersebut. Mahasiswa seringkali hanya berbekal teori saat terjun ke lapangan dan mempelajari keterampilan USG payudara langsung di lahan praktek dengan pengetahuan yang minim. Dalam situasi seperti ini, media simulasi dapat mendukung proses pembelajaran sehingga dapat memberikan fasilitas pembelajara yang sesuai dengan mahasiswa radiologi (Gerlinger et al., 2021; Huy et al., 2024).

Saat ini phantom USG sangatlah terbatas mengingat USG yang non invasive sehingga dapat dilakukan praktik pada tubuh sendiri, namun pada organ tertentu memang USG memiliki dinding keterbatasan seperti privasi untuk probandus. Phantom USG yang saat ini ada di masyarakat adalah phantom kalibrasi USG dan phantom untuk pungsi. Dengan demikian kebutuhan akan phantom payudara dapat dipertimbangkan sebagai media pembelajaran yang inovatif. Phantom yang berada di masyarakat saat ini umumnya berbahan dasar silikon dengan harga yang tinggi membuat beberapa institusi memilih untuk menggunakan cara tradisional untuk menggunakan pasien atau bahkan tidak mempraktekan pembelajaran tersebut pada masa pembelajaran dalam perkuliahan (İpek et al., 2022; Shrimal et al., 2024).

Gelatin digunakan sebagai media pembuatan phantom karena memiliki kecepatan impedansi akustik 1518—1535 m/s sehingga dinilai efektif menjadi media simulasi pembelajaran ultrasonografi. Gelatin pun memiliki kelemahan yaitu daya tahan, gelatin rentan terhadap pengeringan hingga pertumbuhan mikroba saat diletakkan di suhu ruang. Gelatin sendiri akan dikombinasikan dengan bahan lain seperti agar, material yang membuat gambaran sonografi menyerupai anatomi payudara seperti graphite powder, glassbead powder serta pengawet seperti formalin (Abraham et al., 2022; Rathbun et al., 2022).

Berdasarkan kebutuhan pembelajaran praktik USG payudara, keterbatasan media pelatihan, penulis memandang bahwa perlu dilakukan penelitian berjudul "Pengembangan Prototype Phantom USG Payudara Sebagai Media Simulasi Inovatif Berbahan Dasar Gelatin Sapi".

Penelitian ini berfokus pada upaya rancang bangun, membuat serta menguji gambaran USG phantom payudara berbahan dasar gelatin. Diharapkan dengan adanya media simulasi berupa phantom USG payudara dapat meningkatkan pemahaman serta keterampilan mahasiswa dalam mempelajari USG payudara sehingga saat terjun ke lapangan nanti mahasiswa memiliki pengetahuan tambahan mengenai pemeriksaan USG payudara.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti dapat merumuskan masalah yaitu sebagai berikut: Bagaimana desain dari rancang bangun phantom USG payudara? Bagaimana interpretasi citra dapat mewakili anatomi dari payudara asli? Bagaimana tingkat kelayakan rancang bangun phantom USG payudara sebagai media pembelajaran?

Berdaraskan permasalahan yang diangkat dari penelitian ini, tujuan ketercapaian penelitian ini adalah sebagai berikut: Merancang desain dari rancang bangun phantom USG payudara sebagai media pembelajaran praktik ultrasonografi. Menginterpretasi citra dapat mewakili anatomi dari payudara asli. Menganalisis tingkat kelayakan rancang bangun phantom USG payudara sebagai media pembelajaran. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi mengenai desain dari rancang bangun phantom USG payudara serta menampilkan anatomi payudara. Hasil Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan desain phantom yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran mahasiswa USG dalam mengenal anatomi payudara melalui modalitas USG.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) yang bertujuan menghasilkan phantom ultrasonografi payudara berbahan dasar gelatin sebagai media simulasi dan pembelajaran. Metode R&D dipilih karena tujuan utamanya menciptakan produk yang dikembangkan secara sistematis dan diuji lapangan hingga memenuhi kriteria mutu, efisiensi, dan efektivitas tertentu (52). Prosesnya tidak berhenti pada pembuatan model fisik, tetapi mencakup pengujian kelayakan dan efektivitasnya dalam pembelajaran praktikum mahasiswa (53).

Sumber Data dan Subjek Penelitian

Data primer diperoleh langsung melalui observasi, wawancara, uji coba phantom, dan angket. Data terdiri atas hasil wawancara dosen pengampu (kriteria phantom ideal) serta hasil penilaian ahli dan mahasiswa terhadap kemudahan penggunaan dan manfaat phantom. Populasi adalah mahasiswa D4 Teknologi Radiologi Pencitraan yang telah mendapat mata kuliah Ultrasonografi, dengan sampel 15 mahasiswa D4 Poltekkes Kemenkes Jakarta II.

Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Penelitian dilaksanakan di laboratorium ultrasonografi Poltekkes Kemenkes Jakarta II. Observasi langsung digunakan untuk menilai kualitas citra jaringan phantom, dan hasilnya dipakai untuk memperbaiki desain agar lebih realistis dan fungsional. Instrumen meliputi alat USG dengan probe linear (frekuensi 2–12 MHz, preset Breast), flashdisk untuk menyimpan

citra, serta kuesioner Google Form untuk mahasiswa, sonografer, dan dokter spesialis radiologi. Kuesioner diisi mandiri setelah praktik, dan datanya diunduh dari spreadsheet ke Excel.

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif terhadap penilaian ahli dan mahasiswa. Data kuesioner menggunakan skala Likert 1–4 (1 = tidak sesuai, 2 = kurang sesuai, 3 = sesuai, 4 = sangat sesuai). Setiap butir dihitung nilai rata-ratanya dengan rumus Mean = ΣX / n (ΣX = total skor seluruh responden, n = jumlah responden). Hasilnya diinterpretasikan dengan kriteria: 3,26–4,00 sangat layak, 2,51–3,25 layak, 1,76–2,50 kurang layak, dan 1,00–1,75 tidak layak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang Bangun Phantom USG Payudara

1. Tahap Perencanaan

Wawancara dilakukan terhadap seorang praktisi sekaligus dosen mata kuliah Ultrasonografi (Ahli 1) untuk menggali kebutuhan alat simulasi praktik ultrasonografi. Hasilnya menjadi dasar perancangan phantom USG payudara. Ahli 1 menyampaikan:

"Kesulitan dalam mendemonstrasikan secara langsung karena kebutuhan pasien wanita sebagai probandus, serta struktur payudara yang lebih kompleks dibandingkan hepar sehingga butuh pemahaman sonoanatomi yang lebih dalam, dan membutuhkan optimalisasi terhadap software USG selain TGC, Gain yaitu harmonic dan dynamic range."

Pernyataan tersebut mengarahkan rancangan pada phantom berlapis yang menampilkan struktur anatomi payudara dan dapat dipakai berulang tanpa probandus.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Phantom dibuat dalam wadah akrilik kedap udara agar mudah dibawa dan nyaman digunakan. Bahan utamanya adalah gelatin sapi yang diperkuat agar-agar tanpa warna dan rasa, sedangkan setiap lapisan payudara dibuat dari Tissue Mimicking Material (TMM) dengan konsistensi berbeda. Alat dan bahan yang digunakan dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan pembuatan phantom USG payudara

Kelompok	Alat/bahan (jumlah)	Fungsi
Wadah dan cetakan	Wadah kedap udara akrilik (1), nampan plastik (2), gelas plastik (1), loyang oven (1)	Wadah phantom; mencetak lapisan; mengaduk silicone dan katalis; memanggang air dry clay
Bahan dasar	Gelatin sapi; agar-agar tanpa warna dan rasa (secukupnya)	Gelatin sebagai bahan utama; agar-agar memperkuat struktur phantom
Pelarut dan pengawet	Aquadest (1 liter); formalin (±1 ml/lapisan)	Media pencampur TMM; mengawetkan lapisan jaringan
Pengental dan penghambur	Psyllium husk; graphite powder; glass bead powder no. 12 (106–62 µm) (secukupnya)	Psyllium husk menambah viskositas; graphite dan glass bead menambah efek *scattering*
Thorax dan ribs	Silicone RTV 48 (±1,5 liter); katalis; air dry clay (±500 g); stik kayu es krim; oven (1)	Bahan thorax; pengeras silicone; bahan dasar dan rangka ribs; memanggang clay
Pembatas dan perambat	Plastik film (1); silicone sheet (1); gel USG (250 ml)	Pembatas jaringan; lapisan permukaan agar gelatin tidak terpapar udara; media perambat antar lapisan
Duktus	Selang silicone diameter 0,9 mm (secukupnya)	Menyerupai duktus
Pemanas dan pengukur	Gelas beaker 500 ml (2); termometer air raksa (1); kompor portable dan gas (1 set); wajan grill (1)	Mengaduk dan memanaskan campuran; mengukur suhu; alas beaker agar tidak kontak langsung dengan api
Pendukung	Cutter (1); minyak kelapa (secukupnya)	Memotong lapisan; melapisi nampan agar TMM tidak menempel

3. Proses Pembuatan Phantom USG Payudara

Pembuatan phantom berlangsung pada Desember 2025–Juni 2026. Lapisan silicone (*thorax* dan *ribs*) dan lapisan payudara dibuat terpisah, kemudian digabungkan hingga membentuk citra ultrasonografi yang diharapkan. Tahapan utama ditunjukkan pada Gambar 4.1.

a. Lapisan *silicone* (*thorax* dan *ribs*)

Silicone dicampur dengan katalis sebanyak ±1% dari jumlah *silicone* dalam gelas plastik dan diaduk dengan stik kayu. Sebelum mengeras, adonan dituang ke wadah akrilik hingga ¾ dari volume yang diinginkan (Gambar 1a). Selama menunggu, empat stik kayu es krim dilapisi air dry clay memanjang sebagai kerangka ribs (Gambar 1b), lalu dipanggang ±20 menit pada suhu 160 °C (atas dan bawah). Retakan akibat pemanggangan ditambal dengan campuran air dan sedikit clay, kemudian dipanggang kembali sampai kering sepenuhnya. Adonan silicone berikutnya dituang di atas silicone yang sudah mengeras, dan ribs langsung diletakkan di atasnya sehingga ikut mengeras menyatu dengan dasar phantom dan berkarakter solid (Gambar 1c).

b. Lapisan payudara

Ketiga lapisan payudara dibuat dengan langkah dasar yang sama. Sebanyak 300 ml aquadest dipanaskan di atas wajan grill dengan api sedang hingga 80 °C, api dimatikan, dan suhu diturunkan hingga 60 °C sebelum agar-agar dimasukkan dan diaduk tanpa gumpalan. Bahan tambahan kemudian dimasukkan, dan yang terakhir ±1 ml formalin sebagai pengawet serta gelatin bubuk. Gelatin cepat mengikat bahan, sehingga larutan

harus segera dituang setelah tercampur rata. Setiap lapisan mengeras dalam ±4 jam. Perbedaan komposisi ketiga lapisan dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi TMM tiap lapisan (per 300 ml aquadest)

Lapisan	Agar-agar	Bahan tambahan	Gelatin bubuk	Keterangan
Otot pektoral	14 g	Graphite powder ½ sdt; glass bead powder ¼ sdt	2–3 sdm	Dituang ke atas ribs; plastik film dipasang di atasnya selama mengeras untuk efek *hyperechoic* pada batas dengan lapisan glandular
Glandular	10 g	Psyllium husk 5 sdm	2 sdm	Dituang ke nampan berminyak kelapa; jaringan padat (gelatin–agar-agar cetak) dan selang silicone dimasukkan, lalu ditutup sisa larutan dan dipotong sesuai ukuran phantom
Lemak subkutan	14 g	Graphite powder ½ sdt; glass bead powder ¼ sdt	2–3 sdm	Dipotong sesuai ukuran phantom setelah mengeras

Takaran lapisan glandular diperoleh dari percobaan berulang hingga ditemukan perbandingan yang sesuai. Selang silicone dimasukkan ke dalam larutan yang masih panas agar tidak terdapat gap udara berlebih dengan lapisan glandular.

c. Penggabungan seluruh lapisan

Setelah semua lapisan mengeras, lapisan disusun berurutan dari bawah ke atas. Gel USG dioleskan merata di atas plastik film otot pektoral, kemudian lapisan glandular yang sudah dipotong diletakkan dan ditekan lembut untuk menghilangkan gap udara. Gel USG kembali dioleskan sebelum lapisan lemak subkutan diletakkan dan dipadatkan dengan cara yang sama. Terakhir, gel USG diberikan di atas lapisan lemak subkutan dan ditutup silicone sheet yang dipotong sesuai ukuran phantom. Hasil akhir phantom dan posisi sonografer saat uji coba tampak pada Gambar 2.



(a) Menuang silicone



(b) Ribs dari clay



(c) Ribs dan thorax



(d) Lapisan otot pektoral



(e) Agar-agar dan psyllium husk



(f) Gel USG di atas plastik film

Gambar 1. Tahapan pembuatan phantom USG payudara (Data Primer, 2026)



(a) Hasil jadi phantom



(b) Posisi sonografer saat uji coba

Gambar 2. Phantom USG payudara dan uji coba (Data Primer, 2026)

Interpretasi Citra Phantom USG Payudara

1. Uji Awal Phantom

Uji awal menggunakan USG Fujifilm Arietta 65 pada mode B-Mode dengan probe linear berkisar 2–12 MHz. Probe ini dipilih karena rentang frekuensinya paling sesuai untuk merepresentasikan struktur lapisan jaringan pada pemeriksaan payudara. Phantom diletakkan pada permukaan datar, penutup atas dibuka, dan gel USG diberikan di atas phantom (Gambar 3).



(a) USG Fujifilm Arietta 65



(b) Probe linear



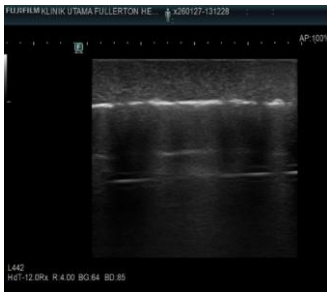
(c) Phantom siap diuji

Gambar 3. Alat uji dan persiapan phantom (Data Primer, 2026)

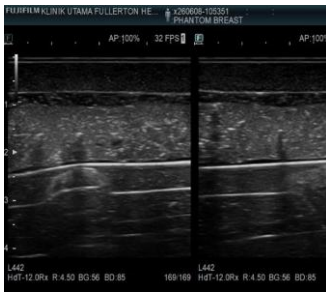
Pada percobaan ke-1, phantom hanya terdiri atas satu lapisan campuran gelatin, minyak kelapa, dan emulsifier berupa sabun cuci piring. Visualisasi kurang baik karena minyak kelapa tidak stabil terhadap suhu, sehingga lapisan rapuh dan mudah hancur saat diperiksa (Gambar 4a). Pada percobaan ke-2, formulasi diubah menjadi lapisan gelatin–polenta (tepung jagung) dan lapisan gelatin–psyllium husk. Gap udara antar lapisan menimbulkan artefak udara pada citra (Gambar 4b), sehingga formulasi dikaji ulang. Formulasi akhir menggunakan agar-agar, psyllium husk, graphite powder, dan glass bead powder dengan gel USG di antara lapisan (Gambar 4c).



(a) Percobaan ke-1



(b) Percobaan ke-2



(c) Formulasi akhir

Gambar 4. Citra USG hasil tiga tahap formulasi (Data Primer, 2026)

2. Penilaian Dokter Spesialis Radiologi

Dua dokter spesialis radiologi membandingkan citra USG jaringan payudara asli dengan citra phantom. Hasil penilaian dan masukannya ditampilkan pada Tabel 3.

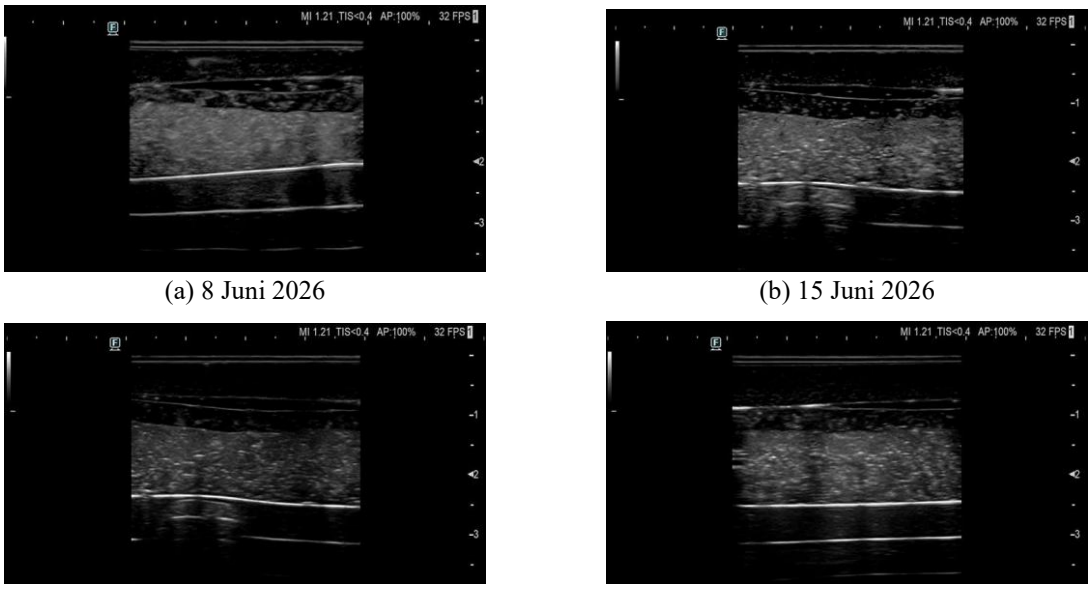
Tabel 3. Hasil kuesioner dokter spesialis radiologi

No.	Butir pertanyaan	Dr. A	Dr. B
1	Citra phantom tampak jelas dan terdefinisi dengan baik	3	4
2	Menampilkan lapisan lemak subkutan dengan jelas	3	4
3	Menampilkan lapisan glandular dengan jelas	2	4
4	Menampilkan lapisan otot pektoral dengan jelas	2	4
5	Menampilkan lapisan ribs dengan jelas	3	4
6	Noise dan artefak dalam batas yang dapat diterima untuk pembelajaran	3	4
7	Kualitas citra secara keseluruhan memadai untuk pembelajaran	2	4
	Rerata skor	**2,57**	**4,00**
	Saran dan masukan	Dibuat lebih mirip dengan jaringan asli	Jangan dari kaca khawatir pecah
	Kelebihan phantom	Mudah didapat	Kepentingan anatomical terpenuhi; bisa dibuat massal dan harga terjangkau untuk pendidikan
	Saran pengembangan	Masih perlu pengembangan untuk mirip	Bisa dibuat tambahan tools seperti memakai guidance alat USG

Dr. A memberi skor 2 pada lapisan glandular, otot pektoral, dan kualitas citra keseluruhan, sedangkan Dr. B memberi skor maksimum (4) pada seluruh butir. Kedua dokter menilai phantom berpotensi besar dengan catatan citranya perlu dibuat lebih mirip jaringan asli, serta dapat dilengkapi alat bantu penunjang kegiatan ultrasonografi, misalnya guidance pada alat USG.

3. Catatan Ketahanan Phantom

Phantom diperiksa berkala setiap minggu pada 8, 15, 22, dan 29 Juni 2026, baik dari tampilan citra USG maupun tampilan luar. Pada keempat pemeriksaan tidak ditemukan jamur pada phantom. Citra USG pada tiap pemeriksaan ditampilkan pada Gambar 5.



(a) 8 Juni 2026 (b) 15 Juni 2026

(c) 22 Juni 2026 (d) 29 Juni 2026

Gambar 5. Citra USG phantom pada pemeriksaan berkala (Data Primer, 2026)

Tingkat Kelayakan Phantom USG Payudara sebagai Media Pembelajaran

1. Karakteristik Responden Ahli

Responden ahli berjumlah empat orang dengan kriteria pengalaman kerja minimal empat tahun, pemahaman terhadap prinsip pencitraan USG payudara, serta keterlibatan dalam pendidikan atau pelatihan ultrasonografi. Keempatnya adalah radiografer sonografer berlatar pendidikan Diploma 4 Radiologi peminatan Ultrasonografi dan Magister Terapan Imaging Diagnostik, dan sebagian juga berpengalaman sebagai dosen mata kuliah ultrasonografi. Hasil penilaian ahli digunakan untuk menentukan validitas phantom sekaligus menjadi dasar penyempurnaannya.

2. Pengujian Phantom oleh Ahli

Uji coba dilakukan pada Juni 2026 di dua tempat dan dengan dua alat USG berbeda untuk melihat kestabilan kualitas citra. Responden A menguji di Gedung PUSKI Jakarta dengan GE Logiq P8 dan probe linear ML6-15, sedangkan responden B, C, dan D menguji di Klinik Fullerton Health dengan Fujifilm Arietta 65 dan probe linear L2-12. Para ahli memindai phantom langsung pada mode B-Mode, lalu mengisi kuesioner 20 indikator (P1–P20) yang mencakup kesesuaian desain, kemiripan dengan jaringan payudara, dan kemudahan penggunaan. Data dianalisis secara deskriptif (Tabel 4).

Tabel 4 Statistik deskriptif penilaian ahli (N = 4, skala 1–4)

Indikator	Mean	SD	Indikator	Mean	SD
P1	3,25	0,500	P11	3,50	0,577
P2	4,00	0,000	P12	3,50	1,000
P3	3,50	0,577	P13	3,50	0,577
P4	3,50	0,577	P14	3,50	0,577
P5	4,00	0,000	P15	3,50	0,577
P6	3,75	0,500	P16	4,00	0,000
P7	4,00	0,000	P17	3,50	1,000
P8	3,75	0,500	P18	4,00	0,000
P9	3,50	0,577	P19	4,00	0,000
P10	3,00	0,817	P20	3,75	0,500

Mean penilaian ahli berkisar 3,00–4,00 dengan rerata keseluruhan 3,65, yaitu kategori layak hingga sangat layak. Mean 4,00 dengan SD 0,000 muncul pada P2, P5, P7, P16, P18, dan P19, yang berarti keempat ahli memberi skor sama. Dua belas indikator lain (P3, P4, P6, P8, P9, P11–P15, P17, dan P20) bermean 3,50–3,75 dan termasuk sangat layak. Mean terendah ada pada P1 (3,25) dan P10 (3,00) yang masih berkategori layak dan menjadi perhatian untuk perbaikan. SD indikator lain berkisar 0,500–1,000, menandakan perbedaan persepsi antar ahli yang masih wajar; skor minimum 2 muncul pada P10, P12, dan P17. Secara keseluruhan, phantom dinilai layak digunakan sebagai media simulasi inovatif pada pembelajaran praktik USG payudara.

3. Uji Kepraktisan Phantom

Uji kepraktisan melibatkan 15 mahasiswa yang telah mengikuti praktikum menggunakan phantom. Kuesioner 20 pernyataan mencakup kemudahan penggunaan dan pengoperasian, kenyamanan, keamanan, kualitas visualisasi citra, serta manfaat phantom bagi pemahaman pembelajaran. Seluruh responden hanya memilih skala 3 atau 4, sehingga Tabel 5 memuat persentase pemilih skala 4; seluruh pernyataan berkategori sangat layak.

Tabel 5. Penilaian phantom oleh mahasiswa (n = 15, skala 1–4)

Pernyataan	Skala 4: n (%)	Mean	Pernyataan	Skala 4: n (%)	Mean
P1	12 (80,0)	3,80	P11	9 (60,0)	3,60
P2	13 (86,7)	3,87	P12	7 (46,7)	3,47
P3	14 (93,3)	3,93	P13	12 (80,0)	3,80
P4	9 (60,0)	3,60	P14	14 (93,3)	3,93
P5	9 (60,0)	3,60	P15	14 (93,3)	3,93
P6	11 (73,3)	3,73	P16	13 (86,7)	3,87
P7	13 (86,7)	3,87	P17	13 (86,7)	3,87
P8	12 (80,0)	3,80	P18	12 (80,0)	3,80
P9	8 (53,3)	3,53	P19	11 (73,3)	3,73
P10	9 (60,0)	3,60	P20	14 (93,3)	3,93
Rata-rata keseluruhan			3,76 (Sangat Layak)		

Seluruh rata-rata berada pada rentang 3,47–3,93 dengan rata-rata keseluruhan 3,76, masuk kategori sangat layak (3,26–4,00). Nilai tertinggi (3,93) diperoleh P3, P14, P15, dan P20, disusul P2, P7, P16, dan P17 (3,87), yang menunjukkan phantom mudah digunakan, mendukung praktikum, dan memberi pengalaman belajar yang baik. Nilai terendah ada pada P12 (3,47) dan P9 (3,53), yang tetap berkategori sangat layak. Dengan demikian, phantom tidak

hanya mudah digunakan tetapi juga membantu mahasiswa memahami konsep pembelajaran praktik ultrasonografi.

Pembahasan diarahkan pada hasil rancang bangun, interpretasi citra, validasi ahli, dan tingkat kepraktisan menurut pengguna. Setiap temuan dianalisis untuk menilai kemampuan phantom menyimulasikan struktur jaringan payudara pada pemeriksaan ultrasonografi, ditinjau dari visualisasi jaringan yang menyerupai anatomi payudara dan kesesuaian karakteristik material yang digunakan.

Rancang Bangun Phantom USG Payudara

Phantom payudara adalah media simulasi yang meniru jaringan payudara manusia beserta karakteristik citranya pada ultrasonografi, sehingga dapat dipakai sebagai sarana pembelajaran. Hariyanto dkk. (54) melaporkan bahwa phantom payudara dari berbagai bahan terbukti dapat melatih sonografer dan membuka peluang penelitian material pencitraan lebih lanjut. Li dkk. (55) menunjukkan bahwa formulasi berbiaya rendah dari bahan murah dan mudah diperoleh dengan proses pembuatan sederhana dapat meniru sifat jaringan pada citra ultrasonografi.

Pembelajaran praktik USG payudara di institusi pendidikan umumnya memakai probandus atau hanya berupa pemaparan teori dengan demonstrasi minim di laboratorium. Penggunaan probandus terbatas karena sulit menemukan probandus yang bersedia dengan alasan privasi dan kenyamanan, sehingga kesempatan mahasiswa berlatih dan mempelajari anatomi payudara menjadi sangat terbatas.

1. Phantom Payudara Berbahan Dasar Gelatin

Phantom dalam penelitian ini dibuat dari gelatin sapi yang dicampur agar-agar. Dibandingkan gelatin sapi saja, campuran dengan agar-agar lebih tahan pada suhu ruang karena tidak mudah meleleh, sehingga mendukung pengembangan dan modifikasi phantom berulang dalam pendekatan Research and Development. Agar-agar dilarutkan lebih dahulu dalam air bersuhu 60 °C, lalu ditambahkan psyllium husk, graphite powder, atau glass bead powder, dan gelatin dimasukkan terakhir. Gelatin mudah mengikat pada perubahan suhu tertentu dan memiliki timing tersendiri, sehingga pengerjaan harus hati-hati dan teliti.

Phantom komersial masih terkendala harga dan ketersediaan di institusi pendidikan Indonesia. Berdasarkan katalog GT Simulators by Global Technologies, Breast Biopsy Training Model KK-US-9 dijual Rp7.277.337,00 dan Breast Ultrasound Exam Phantom "BREAST FAN" Rp112.102.200,00. Biaya membuat satu phantom gelatin dalam penelitian ini adalah Rp759.400 (Tabel 5.1), atau sekitar 10% dari harga KK-US-9 dan kurang dari 1% dari harga BREAST FAN. Selain murah, bahannya mudah diperoleh dan prosesnya sederhana serta dapat direproduksi, sehingga phantom gelatin menjadi alternatif inovatif untuk mendukung praktik mahasiswa secara berkelanjutan tanpa bergantung pada phantom komersial.

Tabel 6. Biaya pembuatan satu phantom

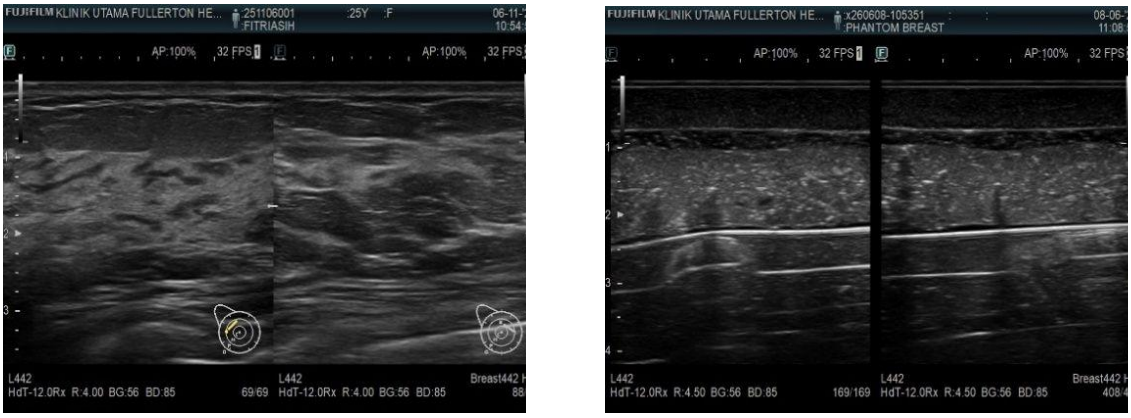
Barang	Harga (Rp)	Barang	Harga (Rp)
Gelatin	88.000	Plastik film	2.000
Agar-agar	60.000	Silicone sheet	50.000
Akrilik (1 buah)	45.000	Gel USG	100.000
Psyllium husk	92.000	Formalin	10.000
Graphite powder	5.000	Silicone dan katalis	261.000
Glass bead powder	5.000	Total	759.400
Selang silicone	35.000		
Aquadest	6.400		

2. Tissue Mimicking Material

TMM diformulasikan dari aquadest, graphite powder, glass bead powder, psyllium husk, dan pengawet untuk menampilkan sonopattern jaringan yang menyerupai payudara pada citra ultrasonografi. Bahan dipilih berdasarkan ketersediaan, stabilitas jangka panjang, keamanan penggunaan di lingkungan pendidikan, dan kemampuannya menghasilkan visualisasi jaringan yang representatif. Menurut Hariyanto dkk. (54), graphite powder memberi citra hypoechoic, sehingga hasilnya berbeda nyata dibandingkan penggunaan gelatin dan agar-agar saja.

Interpretasi Citra Phantom USG Payudara

Kualitas citra USG payudara ditentukan oleh kemampuan operator mengoptimalkan parameter mesin dan oleh variasi anatomi serta fisiologi tiap pasien. Kondisi ini menyulitkan mahasiswa membedakan sonopattern anatomi payudara dan menentukan apakah perubahan citra berasal dari pengaturan parameter yang kurang tepat atau dari kondisi patologis. Perbandingan citra USG payudara pasien dan phantom ditunjukkan pada Gambar 6.



a) b)

Gambar 6. Perbandingan citra USG payudara pada pasien (a) dan phantom (b) pada mode B-Mode (Data Primer, 2026)

Payudara memiliki struktur kompleks dengan jaringan yang membentuk satu kesatuan. Pada citra USG, lapisan lemak subkutan tampak hypoechoic, jaringan glandular sedikit lebih hyperechoic, dan otot pektoral cenderung hypoechoic. Ribs tampak sebagai artefak acoustic shadowing, yaitu bayangan pada jaringan di bawahnya akibat pantulan gelombang suara yang sangat tinggi pada tulang. Pada phantom yang dikembangkan, struktur tersebut sudah tergambar melalui perbedaan densitas dengan batas yang jelas antar jaringan, sehingga dapat

dipakai untuk melatih pembedaan struktur jaringan yang kompleks (Gambar 6). Meski demikian, penilaian dokter spesialis radiologi menunjukkan bahwa aspek citra masih perlu ditingkatkan agar lebih menyerupai jaringan payudara asli.

Tingkat Kelayakan Phantom USG Payudara sebagai Media Pembelajaran

1. Uji Para Ahli terhadap Rancang Bangun Produk

Penilaian ahli dikelompokkan berdasarkan mean tiap aspek.

Aspek berpenilaian sangat baik (mean 4,00): dimensi dan bentuk phantom sesuai untuk praktikum mahasiswa; desain mempertimbangkan ergonomi; citra tampak jelas dan terdefinisi baik; phantom sesuai sebagai media simulasi sebelum praktik pada pasien; phantom aman digunakan; dan phantom layak sebagai media pembelajaran praktik USG payudara bagi mahasiswa.

Aspek berpenilaian baik (mean 3,50–3,75): tata letak lapisan proporsional; desain memudahkan pemindaian dan memungkinkan simulasi berulang; lapisan lemak subkutan, glandular, dan ribs tampil jelas; noise dan artefak dapat diterima; kualitas citra memadai; phantom melatih keterampilan dasar, menjelaskan hubungan teori dengan tampilan citra, mendukung pembelajaran interpretasi, dan memenuhi kebutuhan pembelajaran USG payudara.

Aspek berpenilaian cukup (mean 3,00–3,25): kesesuaian desain dengan tujuan pembelajaran dan kejelasan lapisan otot pektoral. Aspek otot pektoral ini selaras dengan skor 2 dari Dr. A pada butir yang sama dan menjadi prioritas perbaikan formulasi lapisan.

2. Uji Kepraktisan Phantom oleh Pengguna

Rata-rata kepraktisan sebesar 3,76 menempatkan phantom pada kategori sangat layak sebagai media pembelajaran praktik ultrasonografi. Pada aspek kemudahan penggunaan, mahasiswa menilai phantom mudah dioperasikan dan prosedurnya dapat dipahami tanpa penjelasan yang rumit. Temuan ini menunjukkan desain phantom telah memperhatikan kemudahan operasional sebagai unsur penting pembelajaran praktik, sehingga phantom dapat mendukung pembelajaran secara efektif tanpa kendala teknis yang berarti (Boice et al., 2022; Hernandez-Torres et al., 2022; Rosenthal et al., 2001; Zhao et al., 2022) .

KESIMPULAN

Penelitian rancang bangun phantom USG payudara yang dilakukan pada November 2025 hingga Juni 2026 menghasilkan phantom berbahan gelatin sapi, agar-agar, silicone, dan air-dry clay dengan formulasi Tissue Mimicking Material yang mampu menghasilkan citra jaringan yang cukup representatif untuk tujuan edukatif. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa phantom layak digunakan sebagai media pembelajaran praktik USG payudara dari aspek desain, kualitas citra, dan fungsionalitas. Hasil uji kepraktisan juga menunjukkan bahwa phantom mudah digunakan dan mampu membantu mahasiswa memahami perbedaan sonopattern, prinsip pemeriksaan, serta meningkatkan kesiapan sebelum praktik klinis. Namun, phantom masih memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan variasi kondisi klinis, terutama jaringan padat dan struktur berisi cairan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan kualitas material dan detail anatomi agar citra phantom lebih menyerupai jaringan payudara sebenarnya serta menambahkan variasi patologis seperti kista dan Fibroadenoma mammae. Konsep *low-cost* tetap perlu dipertahankan agar phantom mudah

diakses mahasiswa. Dengan penyempurnaan material dan penambahan variasi patologis, phantom diharapkan dapat memiliki tingkat realisme, fungsi, dan relevansi yang lebih baik sebagai media pembelajaran praktik USG payudara.

PENDANAAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada dukungan finansial yang diterima untuk pelaksanaan penelitian ini dan/atau penerbitan artikel ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan tanpa adanya hubungan komersial atau finansial yang dapat ditafsirkan sebagai potensi konflik kepentingan.

KONTRIBUSI PENULIS

Seluruh penulis berkontribusi dalam penyusunan konsep penelitian, pengembangan metodologi, pengumpulan dan analisis data, penyusunan naskah, serta revisi naskah. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir naskah.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL GENERATIF

Penulis menyatakan bahwa kecerdasan artifisial (AI) generatif digunakan dalam penyusunan manuskrip ini. Penulis mengakui penggunaan AI generatif untuk membantu meningkatkan kejelasan bahasa dan memperbaiki struktur tata bahasa manuskrip. Penggunaan tersebut dilakukan dengan mematuhi pedoman etika yang berlaku mengenai penggunaan dan pengungkapan AI generatif dalam penelitian ilmiah. Setiap penulis telah memberikan kontribusi intelektual yang substansial terhadap karya ini. Seluruh isi manuskrip telah ditelaah secara cermat untuk memastikan keakuratannya, dan penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas integritas serta isi akhir manuskrip

REFERENSI

Abraham, S. V, Melit, R. J., Krishnan, S. V, George, T., Kunhahamed, M. O., Kassyap, C. K., & al, et. (2022). Indigenously developed ultrasound phantom model versus a commercially available training model: randomized double-blinded study to assess its utility to teach ultrasound-guided vascular access in a controlled setting. *J Med Ultrasound*. https://doi.org/10.4103/JMU.JMU

Angrainy, R. (2017). Hubungan pengetahuan, sikap tentang SADARI dalam mendeteksi dini kanker payudara pada remaja. *Jurnal Endurance*.

Boice, E. N., Hernandez Torres, S. I., Knowlton, Z. J., Berard, D., Gonzalez, J. M., Avital, G., & al, et. (2022). Training ultrasound image classification deep-learning algorithms for pneumothorax detection using a synthetic tissue phantom apparatus. *J Imaging*. https://doi.org/10.3390/jimaging8090249

Elmekki, H., & Alagha, A. (2025). *Comprehensive review of reinforcement learning for medical ultrasound imaging*. Research Square [Preprint]. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6181857/v1

Ermawati, E. (2020). *Klasifikasi nodul payudara berdasarkan ciri tekstur pada citra ultrasonografi menggunakan Scilab [skripsi]*.

Furaidah, E., Nazhif, M., Fardhani, G., Putra, A., Wiguna, I., Fatimah, W., & al, et. (2026). Edukasi SADARI dan pendampingan SADANIS–USG untuk meningkatkan kesadaran deteksi dini kanker payudara pada wanita usia ≥40 tahun di komunitas. *[Nama Jurnal]*.

Gerlinger, G. S. C., Gabriel, J. E. L., Baus, C. M. S., & Sebastian, T. V. (2021). Teaching breast ultrasound skills including core needle biopsies on a phantom enhances undergraduate student's knowledge and learning satisfaction. *Arch Gynecol Obstet*. https://doi.org/10.1007/s00404-021-06016-8

Hernandez-Torres, S. I., Boice, E. N., & Snider, E. J. (2022). Using an ultrasound tissue phantom model for hybrid training of deep learning models for shrapnel detection. *J Imaging*. https://doi.org/10.3390/jimaging8100270

Huy, T. C., Thompson, C. K., Deranteriassian, A., Peacock, W., Tillou, A., Baker, J. L., & al, et. (2024). Successful use of a cadaver model to teach ultrasound-guided breast procedures to surgical trainees. *J Surg Res*. https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.07.055

İpek, I., Yayla, A., Bilal, M., Salmaslioğlu, A., Erçağ, E., & Sezer, E. (2022). Ultrasound phantom with solids mimicking cancerous tissue for needle breast biopsy. *Turk J Chem*. https://doi.org/10.55730/1300-0527.3454

Lubis, U. L. (2017). Pengetahuan remaja putri tentang pemeriksaan payudara sendiri (SADARI) dengan perilaku SADARI. *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan*. https://doi.org/10.30604/jika.v2i1.36

Lucas, V. S., & Grap, M. J. (2014). Utility of high-frequency ultrasound: moving beyond the surface to detect changes in skin integrity. *Plast Surg Nurs*. https://doi.org/10.1097/PSN.0000000000000031

Moinfar, F. (2007). *Essentials of diagnostic breast pathology*. Springer;

O'Malley, F. P., Pinder, S. E., & Mulligan, A. M. (2011). *Breast pathology*. 2nd ed. Elsevier;

Rathbun, K. M., Harryman, C. F., & Re, A. T. (2022). Prolonging the shelf life of homemade gelatin ultrasound phantoms. *J Med Ultrasound*. https://doi.org/10.4103/jmu.jmu_179_21

Rosenthal, S. J., Jones, P. H., & Wetzel, L. H. (2001). Sonographic imaging: a clinical utility study. *AJR Am J Roentgenol*.

Shrimal, P., Thakur, N., Gopinath, B., & Mishra, P. R. (2024). Gelatinous phantoms for ultrasound-guided procedures: a crossover trial among emergency [judul lengkap]. *Turk J Emerg Med*. https://doi.org/10.4103/tjem.tjem

Sohn, C., Blohmer, J. U., & Hamper, U. M. (1999). *Breast ultrasound*. Thieme;

Tan, P. H. (2017). *Atlas of differential diagnosis in breast pathology*. Springer;

Zhao, X., Ersoy, E., & Ng, D. (2022). Comparison of low-cost phantoms for ultrasound guided fine needle aspiration biopsy teaching. *J Am Soc Cytopathol*. https://doi.org/10.1016/j.jasc.2022.07.033