

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *PHANTOM HUMERUS* DARI GIPS SEBAGAI PENGGANTI TULANG MANUSIA

Supriyanti ^{1,*}; Kartika Sari ², Asmaini ³

¹Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Aceh

^{2,3} Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Sehat Beurata Banda Aceh

*correspondence author: supriyanti817@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima:
26 Januari 2024

Revised :
31 Januari 2024

Accepted:
01 Februari 2024

Kata kunci:

*Phantom, bubuk
gypsum, resin,
katalis, plastisin.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk perancangan dan pembuatan phantom humerus dari gips sebagai pengganti tulang manusia. *Phantom* merupakan alat peraga untuk pengetahuan tentang anatomi tubuh yang digunakan oleh institusi pendidikan dalam menangani pasien dan alat uji peralatan. Karya tulis ilmiah ini bertujuan untuk mengetahui cara perancangan dan pembuatan phantom humerus dari gips sebagai pengganti tulang manusia yang digunakan sebagai bahan praktikum atau bahan pembelajaran di Rumah Sakit Pertamedika Ummi Rosnati Banda Aceh. Penelitian ini telah dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pertamedika Ummi Rosnati Banda Aceh, dilakukan pada bulan Februari sampai dengan April 2022. Pembuatan *phantom humerus* ini dirancang dengan menggunakan bahan-bahan seperti bubuk gips, resin, katalis, dan plastisin, dengan cara pengumpulan data kuesioner untuk menilai kelayakan penggunaan *phantom humerus* sebagai media pembelajaran mahasiswa Atro. Hasil penelitian yang didapati bahwa kemiripan phantom dengan tulang manusia 94% sangat mirip dan 96% sangat layak digunakan untuk praktikum mahasiswa dan sebagai alat pengganti objek yang akan dipelajari pada kegiatan pembelajaran.

How to Cite: Supriyanti, Sari, K., & Asmaini. (2024). Perancangan dan Pembuatan Phantom Humerus dari Gips sebagai Pengganti Tulang Manusia. *PERISAI: Jurnal Pendidikan dan Riset Ilmu Sains*, 3(1), 97-109. DOI: <https://doi.org/10.32672/perisai.v3i1.827>

Pendahuluan

Dalam dunia kedokteran diperlukan berbagai bidang pemeriksaan penunjang untuk membantu menegakkan diagnosa suatu penyakit. Salah satu dari pemeriksaan penunjang adalah bagian radiologi yang membantu dalam melakukan pemeriksaan dengan pemanfaatan sinar-X berupa hasil radiografi. Untuk itu kualitas hasil radiografi harus dapat memberikan informasi semaksimal mungkin. Selain itu pelaksanaan pemeriksaan diharapkan tidak terjadi pengulangan karena pengulangan foto dapat menambah dosis radiasi yang diterima pasien (Suyatno 2008).

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya sinar ultraviolet, tetapi mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek sehingga dapat menembus benda-benda. Sinar-X tidak dapat dilihat, tidak dapat dibelokkan oleh medan magnet, tidak dapat difokuskan oleh lensa apapun, dapat dibelokkan setelah menembus logam padat atau benda padat, mempunyai daya tembus yang sangat tinggi, dapat difraksikan oleh unsur kristal tertentu, mempunyai panjang gelombang sangat pendek, mempunyai frekuensi gelombang yang tinggi, dapat bereaksi dengan film sehingga timbul gambar setelah diberikan paparan (Sudatri et al. 2015). Untuk dapat menghasilkan citra radiografi yang memberikan informasi semaksimal mungkin diperlukan kualitas citra radiograf yang optimal (Fuad and Setiawan 2016).

Kualitas citra radiograf termasuk : ketajaman dan rinci, kontras dan kepadatan. Dalam mencari kualitas citra yang dianalisis adalah padat dan kontras. Densitas merupakan derajat penghitaman film akibat banyak intensitas radiasi yang mengenai film, semakin tinggi tegangan tabung yang diberikan maka kepadatan juga akan semakin meningkat (Wahyuni and Amalia 2022).

Keselamatan radiasi yang lazim disebut proteksi radiasi merupakan suatu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari masalah kesehatan manusia maupun lingkungan berkaitan dengan pemberian perlindungan kepada seseorang atau sekelompok orang ataupun kepada keturunannya terhadap kemungkinan yang merugikan kesehatan akibat paparan radiasi (Kunto 1996).

Dalam proses pembelajaran radiologi, mahasiswa dituntut untuk menguasai teknik pemeriksaan radiologi dengan berbagai posisi pemeriksaan dan kondisi pasien. Sehingga dalam praktikum di laboratorium radiologi mahasiswa akan melakukan eksposi berulang kali menggunakan sinar-X agar trampil dan benar dalam membuat foto radiologi. Dalam kondisi ini, penggunaan obyek manusia dalam praktikum menjadi berbahaya dikarenakan eksposi sinar-X kepada obyek secara berulang akan menimbulkan efek somatik dan atau efek genetik (Biddulth 2016).

Berdasarkan kondisi tersebut diperlukan obyek pengganti berupa phantom radiologi agar mahasiswa tidak perlu mendapatkan ekspose sinar-x selama proses pembelajaran. Phantom harus memberikan hasil pencitraan yang sama dengan hasil pencitraan menggunakan obyek manusia. Phantom juga mempunyai struktur tulang yang tertutup dengan gel lunak dalam kulit yang didukung dengan material keras (Pratiwi, Indriyani, and Yunawati 2021).

Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) merupakan mineral evaporit yang mempunyai sifat lunak, pejal, dengan tingkat kekerasan 1,5-2 (skala mohs), berat jenis kelarutan dalam air 1,8 gr/l pada 0°C yang meningkat menjadi 2,1 gr/l pada suhu 40°C , akan tetapi menurun lagi pada suhu yang lebih tinggi (Chen et al. 2023). Resin merupakan polimer, yaitu polimer merupakan makromolekul yang dibangun oleh unit-unit molekul sederhana yang tersusun secara berulang-ulang (Sepahvand et al. 2022). Selain resin, pembuatan phantom juga membutuhkan bahan tambahan berupa katalis. Katalis adalah suatu

zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri (Paolini et al. 2022). Katalis dalam campuran dengan resin berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan (Pakpahan et al. 2022).

Berdasarkan pengalaman penulis di kampus ATRO Yayasan Sihat Beurata Banda Aceh khususnya di laboratorium ATRO, belum tersedia alat praktikum berupa phantom sebagai pengganti citra tulang manusia. Dan sewaktu melakukan praktikum dasar objek yang digunakan adalah objek teman sendiri.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka penulis tertarik untuk mengambil judul “Perancangan dan Pembuatan Phantom Humerus Dari Gips Sebagai Pengganti Tulang Manusia Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pertamedika Ummi Rosnati Banda Aceh”.

Phantom Humerus

Phantom merupakan alat peraga untuk pengetahuan tentang anatomi tubuh yang digunakan oleh institusi pendidikan dalam menangani pasien dan alat uji peralatan. Fungsi phantom sebagai alat uji peralatan khususnya radiologi sebagai alat bantu dalam mengukur kelayakan alat radiologi tertentu (Liu et al. 2020). Pembuatan phantom dilakukan berdasarkan gambaran objek *humerus* dengan menggunakan bahan dasar gypsum dapat memberikan gambaran humerus yang mirip dengan tulang manusia (Montgomery et al. 2023).

Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen atau percobaan. Penelitian untuk pembuatan phantom ini dilakukan di Rumah Sakit Pertamedika Ummi Rosnati Banda Aceh pada bulan Januari sampai dengan April 2022. Dalam pembuatan phantom humerus ini, penulis mengumpulkan kajian pustaka dari perpustakaan ATRO Yayasan Sihat Beurata Banda Aceh, Pustaka Wilayah Banda Aceh, dan internet. Penulis juga mengumpulkan data dari hasil Karya Tulis Ilmiah (KTI) mahasiswa/i ATRO Yayasan Sihat Beurata Banda Aceh untuk mencari data tentang pembuatan phantom humerus. Penulis juga menyiapkan kuesioner untuk melihat respon dari penggunaan atau citra *radiograf phantom cruris*. Jumlah responden pada penelitian ini adalah 5 orang, dengan 2 orang dokter radiologi, 2 orang radiografer, dan 1 orang Kepala LAB ATRO.

Hasil dan pembahasan

Hasil

Perancangan dan Pembuatan Phantom Humerus

Pembuatan *phantom humerus* ini dibuat dengan menggunakan bahan yang mudah didapatkan di pasaran yaitu seperti bubuk gips, resin, katalis dan plastisin. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri atas pembuatan cetakan tulang, pembuatan *phantom*, dan pengujian *phantom*.

1. Persiapan Alat dan Bahan

Tabel 1: Alat dan Bahan Pembuatan Phantom Cruris

No	Nama Alat	Gambar	Jumlah	Fungsi
1	Gypsum		1 kg	Untuk membuat tulang phantom
2	Resin		1 buah	Sebagai pengganti <i>soft tissue</i>
3	Katalis		1 buah	Sebagai bahan campuran resin supaya reaksi resin lebih cepat
4	Tulang Phantom		1 buah	Sebagai cetakan awal
5	Baskom		1 buah	Sebagai wadah untuk membuat gypsum dan resin
6	Patung Pajangan		1 buah	Sebagai tempat cetakan tulang dan <i>soft tissue</i>
7	Lem Batang		2 buah	Sebagai penutup lobang kecil yang ada pada patung pajangan agar tidak terjadi kebocoran

8	Plastisin		3 pcs	Sebagai tempat cetakan awal tulang
---	-----------	---	-------	------------------------------------

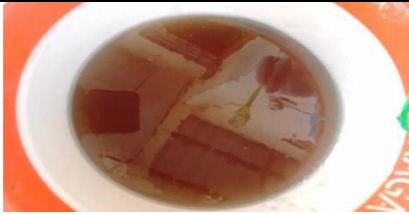
2. Proses Pembuatan Tulang Phantom

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri atas pembuatan cetakan *phantom* dari plastisin, pembuatan phantom tulang dari gipsum dan proses pengujian phantom.

1. Tahap Percetakan Tulang

Pada tahap pencetakan tulang langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Langkah Pembuatan Tulang Phantom	Gambar	Sumber Gambar
a. Langkah pertama, adalah pencetakan menggunakan adonan plastisin dan tulang phantom yang terbuat dari kayu, plastisin tersebut dibentuk sesuai dengan panjang dan lebar tulang yang akan dicetak. Setelah itu letakkan tulang phantom yang terbuat dari kayu diatas plastisin kemudian kita tunggu kurang lebih 10 menit agar plastisin tersebut terbentuk menjadi cetakan tulang.		Gambar 1: Hasil Cetakan Tulang (Sumber : Data Primer, 2022)
b. Langkah kedua, adalah melarutkan bubuk gipsum dengan air kedalam wadah atau baskom. Pada tahap ini peneliti mencampurkan		Gambar 2: Larutan Gipsum (Sumber : Data Primer, 2022)

250 gram bubuk gipsum dan 500 air mineral. Kemudian diaduk hingga keseluruhan tercampur secara merata dengan air.		
c. Langkah kedua, adalah melarutkan bubuk gipsum dengan air kedalam wadah atau baskom. Pada tahap ini peneliti mencampurkan 250 gram bubuk gipsum dan 500 air mineral. Kemudian diaduk hingga keseluruhan tercampur secara merata dengan air.		Gambar 3: Percetakan Tulang Phantom (Sumber : Data Primer, 2022)
d. Kemudian setelah bubuk gipsum yang dituangkan kedalam cetakan tersebut mengering, lepaskan cetakan plastisin tersebut secara perlahan-lahan agar tidak terjadi kerusakan pada tulang sewaktu pelepasan		Gambar 4: Hasil Tulang Phantom dari Gips (Sumber : Data Primer, 2022)
e. Selanjutnya campurkan cairan resin dan katalis dengan perbandingan 2 : 1 lalu aduk secara merata selama kurang lebih 1 menit agar resin dan katalis tercampur secara merata.		Gambar 5: Campuran Resin dan Katalis (Sumber : Data Primer, 2022)

f. Selanjutnya masukkan tulang phantom dari gisp yang telah dicetak kedalam patung pajangan lalu tuangkan campuran resin dan katalis kedalamnya lalu tunggu sampai campuran tersebut benar-benar mengering.		Gambar 6: Pencetakan Phantom dengan Resin (Sumber : Data Primer, 2022)
--	--	--

2. Tahap Pengujian

Pada tahap pengujian ini penulis melakukan ekspose sebanyak 4 kali, dengan menggunakan tulang phantom yang terbuat dari gipsum dan tulang manusia yang digunakan sebagai perbandingan. Kaset yang digunakan berukuran 35 x 35 cm dan dibagi menjadi dua bagian dengan membatasi luas lapangan penyinaran yaitu satu bagian untuk AP dan satu bagian untuk lateral.

Pada pengujian pertama dilakukan pengujian dengan menggunakan tulang phantom yang terbuat dari gipsum, pada satu sisi kaset diletakkan dengan posisi AP dan dilakukan ekspose dengan membatasi luas lapangan penyinaran, pada satu sisi lagi diletakkan dengan posisi lateral. Pada pengujian kedua dilakukan pengujian dengan menggunakan tulang manusia dengan menggunakan posisi dan faktor ekposi yang sama.

a. Pada proses pengujian tulang phantom ini penguji menggunakan faktor ekposi setinggi:

1. KV : 50
2. Ma : 100
3. Second : 0,05



Gambar 7: Pengujian Phantom (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)



Gambar 8: Hasil Pengujian dengan Phantom (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)

b. Ekspose dengan Menggunakan Tulang Manusia

Pada proses penelitian ini penguji menggunakan faktor eksposi yang sama dengan pengujian pada tulang phantom yaitu :

1. KV : 50
2. Ma : 100
3. Second : 0,05



Gambar 9: Pengujian pada Tulang Manusia (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)



Gambar 10: Hasil Pengujian dengan Tulang Manusia (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)



Gambar 11: Hasil Bacaan Dokter Spesialis Radiologi (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)

c. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk proses pengujian phantom adalah sebagai berikut.

Alat Dan Bahan	Kegunaan	Gambar
1. Pesawat Sinar-X	Pesawat sinar-X atau pesawat Rontgen merupakan salah satu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis yang memanfaatkan sinar-X.	 Gambar 12: Sinar - X (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)
2. Meja Pemeriksaan	Meja pemeriksaan digunakan untuk tempat mengatur posisi pasien saat pemeriksaan dilakukan	 Gambar 13: Meja Pemeriksaan (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika,

		2022)
3. Izin Pengoperasian Alat	-	 Gambar 14: Izin Pengoperasian Alat (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)
4. <i>Imaging Plate</i> (Kaset 35 x 35 cm)	IP merupakan komponen utama pada sistem CR yang berfungsi menyimpan energi sinar - X, Imaging Plate terbuat dari bahan Photostimulabel phosphor.	 Gambar 15: Kaset 35 x 35 cm (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)
5. <i>Control Table</i>	Alat ini berfungsi untuk mengatur KV, Ma, Second dan juga terdapat tombol untuk ekspose.	 Gambar 16: Control Table (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)
6. <i>Scan Film</i>	Alat ini berfungsi sebagai pembaca dan mengolah gambar yang diperoleh dari imaging plate	 Gambar 17: Scan Film (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)

7. Komputer	Berfungsi sebagai media pengolahan data.	
8. <i>Image Recorder</i>	Mempunyai fungsi sebagai proses akhir dari suatu pemeriksaan yaitu media pencetakan hasil gambaran yang sudah diproses dari awal penangkapan sinar – X	

Gambar 18: Computer (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)

Gambar 19: *Image Recorder* (Sumber : Rumah Sakit Pertamedika, 2022)

Dari hasil kuesioner citra radiograf phantom humerus yang terbuat dari gipsum dengan jumlah responden 5 (lima) orang yang terbagi menjadi 2 (dua) orang dr. radiologi, 2 (dua) orang radiographer, dan 1 (satu) Kepala Lab Atro.

Tabel 2: Distribusi Frekuensi Tentang Kemiripan Phantom Humerus yang Terbuat dari Gipsium dengan Tulang Manusia

Jawaban	Frekuensi	Persentase (%)
Mirip	5	94%
Tidak Mirip	0	6%
Total	5	100%

Tabel 3: Distribusi Frekuensi Tentang Kelayakan Penggunaan Phantom Humerus Sebagai Bahan Pembelajaran Bagi Mahasiswa Atro

Jawaban	Frekuensi	Persentase (%)
Mirip	5	96%
Tidak Mirip	0	4%
Total	5	100%

Pembahasan

Dari hasil eksperimen yang telah penulis lakukan bahwa dalam proses pembuatan phantom ada tiga tahap yaitu proses pembuatan cetakan, proses pembuatan tulang, dan tahap pengujian.

Adapun pada tahap pembuatan cetakan penulis tidak ada mengalami kendala, tetapi pada tahap pembuatan tulang penulis mengalami sedikit kendala yaitu pada pencampuran air dengan bubuk gipsum terlalu cair sehingga dilakukan pengulangan agar pencampuran bubuk gipsum dengan air sedikit mengental. Kemudian saat melepaskan tulang dari cetakan plastisin juga mengalami kendala yaitu tulangnya sedikit retak dikarenakan pada saat pengeringan kurang maksimal sehingga pada tahap ini dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali dengan waktu pengeringan sehari semalam dengan suhu ruangan. Adapun pada tahap pengujian penulis melakukan ekspose sebanyak 3x dengan menggunakan kV 50, 60, dan 80 (kV rendah, sedang, dan tinggi), maka hasil yang bagus adalah dengan menggunakan kV terendah tanpa menggunakan grid.

Adapun eksperimen ini untuk mengetahui kemiripan dan kelayakan penggunaannya yang di nilai oleh responden.

Dari Tabel 2 distribusi frekuensi tentang menampakkan kemiripan phantom humerus dengan tulang manusia didapati bahwa tingkat kemiripannya yang dinilai responden menyatakan sangat mirip dengan persentase 94%.

Dari Tabel 3 distribusi frekuensi tentang kelayakan penggunaan phantom humerus yang terbuat dari gipsum untuk bahan proses pembelajaran mahasiswa atro didapati bahwa tingkat kelayakannya yang dinilai oleh responden menyatakan sangat layak digunakan untuk bahan pembelajaran praktikum mahasiswa Atro dengan persentase 96%.

Dari hasil yang dinilai oleh responden didapati bahwa hasil citra radiograf dimana perbedaan antara tulang phantom yang terbuat dari gispum dengan tulang manusia tidak terlalu berbeda, dimana gambaran tulang phantom yang terbuat dari gipsum hampir sama dengan gambaran tulang manusia, sehingga tulang phantom yang terbuat dari gipsum ini bisa digunakan untuk bahan praktikum oleh mahasiswa sebagai alat pengganti objek yang akan dipelajari pada kegiatan pembelajaran teknik radiografi (TR).

Hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Sofyan (2017), menyatakan bahwa "Phantom genu dengan menggunakan bahan dasar gips dapat memberikan gambaran radiograf yang mirip dengan tulang genu manusia".

Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Radiograf yang dihasilkan dari tulang phantom gipsum dengan tulang manusia menghasilkan gambaran yang tidak terlalu signifikan, sehingga tulang phantom gipsum dapat digunakan sebagai bahan proses pembelajaran TR / bahan praktikum.
2. Kelayakan phantom humerus dari gips sebagai pengganti citra tulang manusia dapat menghasilkan gambaran radiograf yang bagus.

3. Dari hasil penelitian yang telah penulis lakukan dan dari hasil responden menyatakan bahwa 94% sangat mirip dengan tulang humerus manusia dan 96% menyatakan sangat layak untuk digunakan sebagai bahan praktikum.

Daftar Pustaka

- Biddulth. 2016. "Pemilihan Modalitas Pemeriksaan Radiologi Diagnosis Benign Prostatic Hyperplasia." *Media Neliti* 43(6).
- Chen, Luyi, Zhaoyang Hu, Xiaoting Hu, and Guannan Xu. 2023. "How Do Green Industrial Policies Accelerate Regional Sustainability Transition? A Spatiotemporal Evaluation of Policy with a Relationalist Perspective." *Journal of Cleaner Production* 404. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136797.
- Fuad, Muhammad, and Wahyudi Setiawan. 2016. "Klasifikasi Kanker Payudara Menggunakan Ekstraksi Ciri Metode Statistik." *MULTINETICS* 2(2). doi: 10.32722/vol2.no2.2016.pp54-58.
- Kunto, Wiharto. 1996. "Kedokteran Nuklir Dan Aplikasi Teknik Nuklir Dalam Kedokteran." *Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi Dan Lingkungan* 1(0854-4085).
- Liu, Yung Chun, Yung Chieh Lin, Pei Yin Tsai, Osuke Iwata, Chuew Chuen Chuang, Yu Han Huang, Yi Shan Tsai, and Yung Nien Sun. 2020. "Convolutional Neural Network-Based Humerus Segmentation and Application to Bone Mineral Density Estimation from Chest x-Ray Images of Critical Infants." *Diagnostics* 10(12). doi: 10.3390/diagnostics10121028.
- Montgomery, Blake K., Emily O. Cidambi, Craig M. Birch, Kembale Wang, Patricia E. Miller, Don Soo Kim, and Benjamin J. Shore. 2023. "Minimizing Surgeon Radiation Exposure During Operative Treatment of Pediatric Supracondylar Humerus Fractures." *Journal of Pediatric Orthopaedics* 43(7). doi: 10.1097/BPO.0000000000002421.
- Pakpahan, Tiorasi, Andrian Khu, Muhammad Rizal Renaldi, Tri Adi Mylano, Ade Arhamni, and Oliviti Natali. 2022. "Perbandingan Penggunaan Gips Sintetik Dan Gips Tradisional Pada Pasien Fraktur Tertutup Di Rehabilitasi Harapan Jaya Pematang Siantar Tahun 2014-2015." *PRIMER (Prima Medical Journal)* 7(1).
- Paolini, Alessandro, Meysam Sarshar, Cristina Felli, Stefania Paola Bruno, Mohammad Rostami-Nejad, Francesca Ferretti, Andrea Masotti, and Antonella Baldassarre. 2022. "Biomarkers to Monitor Adherence to Gluten-Free Diet by Celiac Disease Patients: Gluten Immunogenic Peptides and Urinary MiRNAs." *Foods* 11(10).
- Pratiwi, Arum Dian, Indriyani, and Irma Yunawati. 2021. "Penerapan Proteksi Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit." *Higeia Journal of Public Health Research and Development* 5(3).

- Sepahvand, Farzaneh, Amirreza Javadi Mamaghani, Behrouz Ezatpour, Ebrahim Badparva, Nozhat Zebardast, and Shirzad Fallahi. 2022. "Gastrointestinal Parasites in Immunocompromised Patients; A Comparative Cross-Sectional Study." *Acta Tropica* 231. doi: 10.1016/j.actatropica.2022.106464.
- Sudatri, Ni Wayan, Ni Made Suartini, AASA Sukmaningsih, and Dwi Ariani Yulihastuti. 2015. "Kualitas Spermatozoa Mencit Yang Terpapar Radiasi Sinar-X Secara Berulang." *Jurnal Veteriner* 16(1).
- Suyatno, Ferry. 2008. "Aplikasi Radiasi Sinar-x Di Bidang Kedokteran Untuk Menunjang Kesehatan Masyarakat." *SDM Teknologi Nuklir* 1(Teknologi Nuklir).
- Wahyuni, Sri, and Laila Amalia. 2022. "Perkembangan Dan Prinsip Kerja Computed Tomography (CT Scan)." *GALENICAL: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Mahasiswa Malikussaleh* 1(2). doi: 10.29103/jkmm.v1i2.8097.