

PEMBUATAN PHANTOM RADIOLOGI MENGGUNAKAN CANGKANG KERANG SEBAGAI PENGGANTI BAHAN TULANG

Ayu Wita Sari*, Alpha Olivia Hidayati, Dwi Mahdo Hapiza, Achmad Ridwan

Program Studi Radiologi, STIKES Guna Bangsa, Yogyakarta, Indonesia

*email: ayu.0221@gmail.com

ABSTRAK

Phantom telah diterapkan secara luas dalam pencitraan medis terutama dalam bidang radiologi untuk penilaian kualitas gambar secara kuantitatif dan kualitatif. Harga phantom yang di pasaran masih sangat mahal dan sulit diperoleh, karena masih jarang yang membuatnya. Sementara pada pendidikan radiologi sangat memerlukan phantom untuk model pembelajaran praktikum menggunakan sinar-X sehingga dapat mengurangi terjadinya paparan radiasi yang berlebih pada mahasiswa dan praktisi. Berdasarkan studi literatur bahwa cangkang kerang memiliki kandungan kalsium karbonat yang merupakan kandungan utama pada tulang. Bekatul merupakan lapisan sebelah dalam dari butiran padi termasuk sebagian kecil endosperm berpati dan kaya akan kandungan mineral yang dibutuhkan oleh tulang, sehingga dua komponen bahan tersebut akan digunakan dalam pembuatan bahan tulang pada phantom radiologi. Komposisi bahan phantom yang dibuat harus dilakukan eksperimen untuk mendapatkan densitas optik yang optimal. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan komposisi penggunaan cangkang kerang dan bekatul pada bahan pembuatan tulang phantom dan mengetahui nilai densitas optik yang mendekati tulang asli. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan menggunakan perbandingan komposisi bahan dan pengukuran densitas optik radiograf bahan menggunakan aplikasi imageJ. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini berdasarkan pengukuran nilai densitas optik sampel yang mendekati tulang asli adalah 1 pada sampel varian 3 dengan perbandingan 2:1 komposisi cangkang kerang dan bekatul.

Kata Kunci: Cangkang kerang; Densitas Optik; ImageJ; Phantom; Radiologi

ABSTRACT

[Title: Production of Radiological Phantoms Using Clam Shells Instead of Bone Material] Phantom has been widely applied in medical imaging, especially in radiology, for quantitative and qualitative assessment of image quality. The price of phantoms on the market is still very expensive and difficult to obtain because it is still rare to make them. Meanwhile, radiology education really needs phantoms for practicum learning models using X-rays so as to reduce the occurrence of excessive radiation exposure in students and practitioners. Based on literature studies that clam shells contain calcium carbonate it is the main content in bones. Rice bran is the inner layer of rice grains including a small part of starchy endosperm and rich in mineral content needed by bones, so that two components of the material will be used in the manufacture of bone material in phantom radiology. The composition of the phantom material made must be experimented with to obtain optimal optical density. The purpose of this study is to determine the composition of the use of clam shells and bran in phantom bone making materials and determine the optical density value that is close to real bone. The method used is experimental, using material composition comparison and radiograph optical density measurement of materials using the ImageJ application. The results obtained in this study based on the measurement of the sample's optical density value close to the original bone are 1 in the 3rd variant sample with a ratio of 2:1 the composition of the clamshell and bran.

Keywords: Clam Shells; Optical Density; ImageJ; Phantom; Radiology

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara maritim yang kaya akan sumber daya alam laut (Romimohtarto dan Juwana, 2001). Salah satu sumber daya alamnya adalah kerang (Widowati dkk, 2008). Saat ini kerang lebih banyak dimanfaatkan untuk makanan sedangkan cangkangnya yang keras masih sangat sedikit pemanfaatannya (Trilaksani dkk, 2006). Daging kerang kaya akan sumber gizi dan protein sedangkan cangkang kerang kaya akan kalsium

karbonat (CaCO_3), fosfor dan mineral lainnya (Shah et al, 2014). Saat ini pemanfaatan cangkang kerang sudah sampai pada tahap teknologi pangan yaitu untuk bahan tambahan makanan (Agustini dkk, 2009). Bahkan sebagian penduduk indonesia sudah ada yang memanfaatkan sebagai kapur sirih untuk memperkuat gigi (Ahmad, 2017). Masyarakat di Yogyakarta khususnya warga pantai di Kabupaten Gunung Kidul pemanfaatan kerang masih sebatas kerajinan untuk hiasan dinding atau souvenir dengan

nilai ekonomi yang masih rendah (Agustina dkk, 2019).

Radiologi merupakan salah satu ilmu kedokteran yang mempelajari bagian dalam tubuh manusia dengan menggunakan sumber radiasi pengion untuk membaca informasi anatomi yang dihasilkan (Brant and Helms, 2012). Selama proses pembelajaran mahasiswa radiologi tidak diperkenankan menggunakan pasien dalam praktikum sesuai dengan Perka BAPETEN No 8 Tahun 2011 (Karem, 2017). Sedangkan mahasiswa tidak diperkenankan untuk menggunakan dirinya sebagai probandus dikarenakan bahaya dari radiasi pengion sesuai dengan prinsip ALARA (BAPETEN, 2013). Bahaya radiasi pengion ada yang bersifat stokastik dan nonstokastik (Yunus dan Bandu, 2019) bahkan disarankan untuk menggunakan phantom full body yang menyerupai tubuh asli manusia (Jinzaki et al, 2020) untuk mengurangi terjadinya paparan radiasi yang berlebihan.

Pada pemeriksaan radiologi konvensional yang dilihat adalah anatomi tulang untuk mendiagnosa klinis pada tulang dan organ lainnya (Sera, 2021). Phantom telah diterapkan secara luas dalam pencitraan medis terutama dalam bidang radiologi untuk penilaian kualitas gambar secara kuantitatif dan kualitatif (Watanabe and Constantinou, 2006). Sudah banyak yang melakukan penelitian tentang phantom khususnya dari segi manfaat dan bahan-bahan yang digunakan untuk tulang, seperti terbuat dari kayu, gipsum, cangkang telur bahkan teknologi 3D printing (Mufida dkk, 2020) (Sari et al, 2021). Akan tetapi masih banyak kekurangan terutama pada densitas optik yang dihasilkan kurang menyerupai densitas tulang asli. Salah satu phantom yang sering digunakan untuk investigasi protokol *Computed Tomography* adalah phantom dada antropomorfik (Kyoto-Kagaku, Japan). Phantom ini memiliki sifat yang mirip dengan anatomi dada dewasa, seperti paru-paru, tulang dan otot (Anton et al, 2021).

Sehingga peneliti mengangkat judul penelitian ini dengan tujuan untuk mendapatkan perbandingan yang tepat seperti struktur tulang yang asli melalui pemanfaatan cangkang kerang sebagai bahan baku tulang pada phantom radiologi dan mengukur nilai densitas optik pada radiograf. Diharapkan harga bisa lebih ekonomis dibandingkan dengan harga pabrik sehingga semua institusi radiologi dapat memiliki phantom sebagai probandus dipencitraan medis. Pada penelitian ini tidak hanya sampai ditahap pembuatan tulang tetapi juga pada tahap pengujian menggunakan pencitraan medis dan pengukuran *optical density*.

METODE

Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan murni eksperimental. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kerang mutiara sebanyak 1 kg, resin poliester sebanyak 500 gr, katalis 10 ml, bekatul sebanyak 500 gr. Resin digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat benda tiruan karena sifatnya yang mudah dibentuk dan dapat diukur. Resin juga memiliki sifat transparan yang memungkinkan sinar-X atau gelombang elektromagnetik lainnya untuk melewatinya, sehingga ideal untuk digunakan dalam penelitian radiologi. Katalis digunakan untuk mempercepat proses pengerasan resin. Dalam pembuatan phantom radiologi, katalis ditambahkan ke resin untuk membuat benda tiruan menjadi keras dalam waktu yang relatif cepat. Bekatul digunakan sebagai pengisi atau *filler* dalam pembuatan phantom radiologi.

Cangkang kerang yang telah dikeluarkan dibersihkan lalu direbus bersama dengan larutan air cuka sebanyak 500 ml dan 1 kg cangkang kerang selama ± 1 jam dengan suhu 100°C . Setelah dingin, cangkang kerang dicuci kembali dan dikeringkan selama 5 jam di bawah sinar matahari sampai tidak ada air yang tersisa, dihaluskan dengan ditumbuk pada batu giling kemudian diperhalus menggunakan mesin penepung sampai halus. Cangkang kerang yang sudah halus kemudian diayak. Serbuk cangkang kerang yang diperoleh sebanyak 700 gram siap digunakan sebagai bahan baku tulang.

Prosedur untuk menentukan komposisi bahan tulang terlebih dahulu menyiapkan wadah seperti baskom untuk mencampur bahan seperti tabel 1. Kemudian masukkan serbuk kulit kerang, bekatul dan resin ke dalam wadah dan aduk rata. Pastikan semua bahan tercampur merata kemudian campur katalis dan aduk kembali secara merata. Setelah semua bahan dicampur dan diaduk merata, kemudian pindahkan ke dalam wadah cup agar-agar untuk dicetak. Tunggu hingga kering lalu paparkan untuk melihat perbandingan uji coba dengan keempat bahan tersebut. Berilah label pada keempat variasi sampel supaya mudah diidentifikasi.

Tabel 1. Komposisi sampel untuk bahan tulang

Bahan	Jumlah			
	Sampel1	Sampel2	Sampel3	Sampel4
Tepung cangkang kerang	50 gr	50 gr	100 gr	50 gr
Bekatul	50 gr	0 gr	50 gr	100 gr
Resin	150 gr	100 gr	100 gr	100 gr
Katalis	5 gr	5 gr	1,2 gr	1 gr

Prosedur pengujian sampel komposisi bahan tulang meliputi menyiapkan sampel yaitu empat hasil dari uji coba bahan komposisi tulang. Menyiapkan alat dan bahan penelitian yaitu pesawat sinar-X, aplikasi *Image-J*, CR (*Computer Radiography*). Aplikasi *imageJ* sangat mudah didapatkan dan mudah digunakan, serta kegunaan pengukuran parameter yang efektif (Nichele, et al. 2020).

Setelah semua objek, bahan dan alat penelitian disiapkan, kemudian mulailah penelitian dengan memaparkan hasilnya pada empat uji komposisi bahan pembuat tulang dengan faktor paparan yang berbeda yaitu uji coba pertama menggunakan kV 50 dan mAs 10, uji kedua pertama menggunakan kV 60 dan mAs 10, dan uji ketiga menggunakan kV 70 dan mAs 10 seperti pada tabel 2. Kemudian diperoleh hasil radiografi dari keempat objek percobaan tersebut. Kemudian ukur kerapatan optik radiografi menggunakan aplikasi *ImageJ*. Setelah tahap pengumpulan data diperoleh, kemudian dilakukan analisis data terhadap perbedaan dari masing-masing bahan percobaan dan faktor eksposi.

Tabel 2. Variasi Faktor eksposi yang digunakan untuk pengujian sampel

Sample	Faktor eksposi		
	Test 1	Test 2	Test 3
1	kV : 50 mAs : 10	kV : 60 mAs : 10	kV : 70 mAs : 10
2	kV : 50 mAs : 10	kV : 60 mAs : 10	kV : 70 mAs : 10
3	kV : 50 mAs : 10	kV : 60 mAs : 10	kV : 70 mAs : 10
4	kV : 50 mAs : 10	kV : 60 mAs : 10	kV : 70 mAs : 10

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil eksperimen perbandingan komposisi bahan pembuatan tulang dari cangkang kerang

Cangkang kerang yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang kerang mutiara yang paling banyak ketersediaannya dan memiliki kandungan kalsium karbonat (Kalesaran dkk, 2018). Cangkang kerang yang sudah dibersihkan dan dikeringkan selanjutnya dihaluskan sampai berupa tepung untuk bisa dibuat adonan sampel. Kemudian bahan selanjutnya adalah bekatul dari padi untuk pengganti trabekula pada komposisi tulang. Trabekula adalah jaringan tulang spons yang terdiri dari serangkaian struktur seperti batang atau pilar kecil yang membentuk ruang terbuka yang diisi

dengan sumsum tulang. Struktur trabekula ini memiliki fungsi penting dalam mendukung dan menopang tulang Kemudian bahan selanjutnya adalah resin dan katalis sebagai penyatu semua komponen. Setelah semua bahan dan peralatan disiapkan maka dilanjutkan untuk membuat sampel dengan perbandingan komposisi yang berbeda.

Adapun perbandingan sampel seperti berikut;

1. Komposisi 1:1
Tepung Cangkang Kerang : 50 gr
Bekatul : 50 gr
Resin : 150 gr
Katalis : 5 gr
2. Komposisi 1;0
Tepung Cangkang Kerang : 50 gr
Bekatul : 0 gram
Resin : 100 gr
Katalis : 5 gr
3. Komposisi 2:1
Tepung Cangkang Kerang : 100 gr
Bekatul : 50 gr
Resin : 100 gr
Katalis : 1.2 gr
4. Komposisi 1 : 2
Tepung Cangkang Kerang : 50 gr
Bekatul : 100 gr
Resin : 100 gr
Katalis : 1 gr

Setelah dilakukan pencampuran bahan dengan komposisi bahan yang berbeda maka selanjutnya dicetak pada takaran yang sama dalam cup sampel. Kemudian dikeringkan sampai tidak lengket pada cetakan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Sampel bahan tulang dengan berbagai perbandingan komposisi

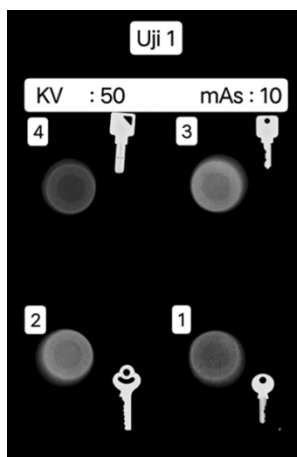
B. Hasil pengujian sampel menggunakan Sinar-X

Sampel yang telah dibuat dengan berbagai perbandingan kemudian dilakukan pengujian dengan paparan Sinar-X untuk mendapatkan citra dan dapat dilakukan pengukuran densitas optik. Pesawat yang digunakan adalah pesawat *Computed Radiography* di Radiologi HiLab Yogyakarta. Adapun posisi sampel saat akan dilakukan ekspos menggunakan Sinar-X seperti pada gambar 2.



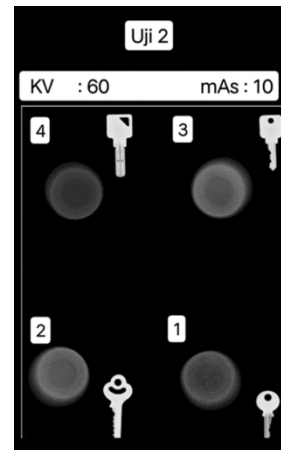
Gambar 2. Posisi sampel sebelum dilakukan Ekspose menggunakan Sinar-X

Pada pengujian sampel bahan tulang pada gambar 1 menggunakan Sinar-X yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan tegangan tabung bervariasi yaitu 50 kV, 60 kV, dan 70 kV serta arus sebesar 10 mAs adapun hasil radiograf yang didapatkan seperti pada gambar 3 yaitu pengujian pertama. Pengujian menggunakan pesawat sinar-X Digital Radiografi di Klinik Hi Lab Yogyakarta. Faktor eksposi yang digunakan adalah kV 50, mAs 10, *Focal Film Distance* 100 cm. Pada masing-masing sampel diberi marker kunci sebagai pembeda sampel.



Gambar 3. Hasil Pengujian sampel menggunakan Sinar-X pada variasi 50 kV

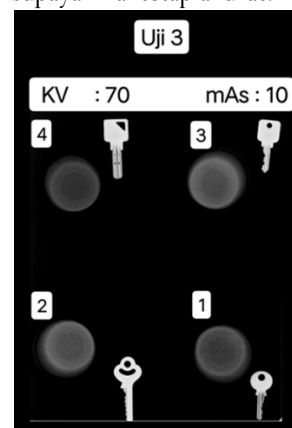
Adapun hasil radiograf pada variasi kV 60, mAs 10 dan *Focal Film Distance* 100 cm tampak pada gambar 4. Posisi sampel masih sama dengan uji pertama.



Gambar 4. Hasil Pengujian sampel menggunakan Sinar-X pada variasi 60 kV

Hasil pengujian sampel ketiga menggunakan pesawat sinar-X dengan variasi kV 70 dan mAs tetap serta *Focal Film Distance* juga dibuat tetap yaitu 100 cm. Radiograf yang dihasilkan seperti pada gambar 5.

Secara visual tidak terlihat perbedaan densitas optik dan kontras pada masing-masing sampel. Akan tetapi akan terlihat lebih jelas pada saat pengukuran menggunakan aplikasi *Image-J*. Aplikasi *image-J* pertama kali harus dilakukan kalibrasi supaya nilai tetap akurat.



Gambar 5. Hasil Pengujian sampel menggunakan Sinar-X pada variasi 70 kV

C. Hasil Pengukuran Optical Density menggunakan aplikasi *ImageJ*

Kualitas citra dapat dilihat dari 4 faktor yaitu densitas optik, kontras objek, detail dan ketajaman (Bushong, 2020). Pada penelitian ini hanya dilakukan pengukuran densitas optik untuk melihat derajat keabuan pada sampel apakah sudah hampir menyerupai derajat keabuan pada tulang asli manusia. Pengukuran menggunakan aplikasi *ImageJ* untuk dapat menganalisis citra berupa *optical density* seperti pada tabel 2.

Tabel 3. Hasil pengukuran *Optical Density* pada sampel menggunakan *ImageJ*

No	Sampel	Tegangan n -kV	Arus -mAs	<i>Optical Density</i>
1.	1	50	10	1,424
2.	2	50	10	1,163
3.	3	50	10	1,150
4.	4	50	10	1,742
5.	1	60	10	1,615
6.	2	60	10	1,334
7.	3	60	10	1,329
8.	4	60	10	1,846
9.	1	70	10	1,628
10.	2	70	10	1,400
11.	3	70	10	1,395
12.	4	70	10	1,829

Menurut Bushong, 2020 densitas optik optimal pada jaringan tulang yaitu antara 0,20 - 1,0. Maka untuk hasil pengukuran densitas optik sampel yang mendekati angka 1,0 yaitu sampel dengan nomor 3 dengan perbandingan bahan cangkang kerang dengan bekatul 2:1 Sehingga untuk sampel 3 cocok dijadikan komposisi pembuatan tulang.

Pada sampel 3 dengan perbandingan 100 gr tepung cangkang kerang dan 50 gram bekatul nilai densitas optik yang diperoleh rata-rata 1,921. Kandungan bekatul sangat kaya akan mineral seperti sumber asam lemak tak jenuh esensial dan bermacam-macam vitamin (B1, B2, B3, B5, B6 dan tokoferol), pangamic acid (Vit. B15), serat pangan (*dietary fiber*), serta mineral. Natrium, Kalium, dan Khlor yang terkandung dalam bekatul mudah diserap dan dikeluarkan (Herawati dkk., 2013). Bekatul dapat membantu mengurangi biaya pembuatan phantom dan meningkatkan densitas phantom. Selain itu, bekatul juga dapat meningkatkan kontras benda tiruan dengan jaringan sekitarnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pada penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa untuk komposisi sampel bahan yang mendekati dengan densitas optik yaitu pada perbandingan 2:1 tepung cangkang kerang dan bekatul. Nilai densitas optik yang mendekati dengan tulang asli yaitu mendekati 1. Pada penelitian ini masih banyak terdapat kekurangannya pertama untuk kondisi resin seharusnya ditambahkan bahan untuk mengurangi gelembung udara, sehingga pada bahan sampel tidak terjadi lubang kecil akibat gelembung udara dari resin. Menggunakan

timbangan digital supaya lebih akurat untuk menimbang bahan yang sedikit takarannya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi dalam Program hibah penelitian dosen pemula tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S. S., Purwanti, N. L. N., & Bapisa, L. (2019). Pelatihan Pengelolaan Usaha Kerajinan Limbah Cangkang Kerang. MONSU'ANI TANO Jurnal Pengabdian Masyarakat, 2(2).
- Agustini, T. W., Jusup S., Indah S. dan Laksmi W., (2009). Pengembangan Produk Snack Kaya Calcium Berbasis Kerang Samping Untuk Ibu dan Anak. Laporan Penelitian Hibah World Class University. Lembaga Penelitian, Universitas Diponegoro. 31 hlm.
- Ahmad, I. (2017). Pemanfaatan limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai bahan abrasif dalam pasta gigi. Jurnal Galung Tropika, 6(1), 49-59.
- Anton, M., Reginatto, M., Elster, C., Mäder, U., Schopphoven, S., Sechopoulos, I., & van Engen, R. 2021. The regression detectability index RDI for mammography images of breast phantoms with calcification-like objects and anatomical background. *Physics in Medicine & Biology*, 66(22), 225015.
- BAPETEN. (2013). Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.
- Brant, W. E., & Helms, C. A. (Eds.). (2012). *Fundamentals of diagnostic radiology*.
- Bushong, S. C. 2020. *Radiologic Science for Technologists E-Book: Physics, Biology, and Protection*. Elsevier Health Sciences.
- Herawati, Manalu, W., Suprayogi, A., & Astuti, D. A. 2013. Perbaikan parameter lipid darah mencit hiperkolesterolemia dengan suplemen pangan bekatul. *Majalah Kedokteran Bandung*, 45(1), 1–9. <https://doi.org/10.15395/mkb.v45n1.93>
- Jinzaki, M., Yamada, Y., Nagura, T., Nakahara, T., Yokoyama, Y., Narita, K., ... & Yamada, M. (2020). Development of upright computed

- tomography with area detector for whole-body scans: phantom study, efficacy on workflow, effect of gravity on human body, and potential clinical impact. *Investigative radiology*, 55(2), 73.
- Kalesaran OJ, Lumenta C, Rompas R, Mamuaya G. 2018 Komposisi mineral cangkang kerang mutiara *Pinctada margaritifera* di Sulawesi Utara. *e-Journal Budid Perair*;6(1):25–30.
- Karem, Y. (2017). *Gambaran Kesesuaian Pelaksanaan K3 Radiologi Dengan Persyaratan Perka Bapeten No. 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Radiasi Sinar-X Di Unit Kerja Radiologi Rumah Sakit Evasari Tahun 2017* (Doctoral dissertation, Universitas Binawan).
- Mufida, W., Utami, A. P., & Dewi, S. N. (2020). Pembuatan Phantom Radiologi Berbahan Dasar Kayu Lokal Sebagai Pengganti Tulang Manusia. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 6(1), 7-10.
- Nichele, L., Persichetti, V., Lucidi, M., & Cincotti, G., 2020. Quantitative Evaluation of ImageJ Thresholding Algorithms for Microbial Cell Counting. *OSA Continuum*, 3(6), pp. 1417-1427.
- Romimohtarto, K. dan S. Juwana. (2001). *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta. 527 h.
- Sari, A. W., Bimantari, P. W. L., & Sakhia, N. P. 2021. Development of Phantom Radiology Using Eggshells Powder as Bone Genu Material. In *Proceedings of the 1st International Conference on Electronics, Biomedical Engineering, and Health Informatics* (pp. 549-555). Springer, Singapore.
- Sera, L. P. (2021). *Peranan Pemeriksaan Radiologi Thorax Dengan Berbagai Modalitas Untuk Mendiagnosa Penyakit* (Doctoral dissertation, Fakultas Kesehatan Dan Keteknisian Medis).
- Shah R. A., Prabhakar M.N., Lee W D., Kim B. S., Song J.I., (2014). Development and Characterization of Oyster Shell Powder Filled Polypropylene Composite. *Composites Research*, Vol. 27, No. 5, 201- 206
- Trilaksana W, Salamah E, Nabil M. (2006). Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus sp*) Sebagai Sumber Kalsium Dengan Metode Hidrolisis Protein. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 9(2):34-45
- Watanabe, Y., & Constantinou, C. (2006). Phantom materials in radiology. *Encyclopedia of medical devices and instrumentation*.
- Widowati, I., Jusup S., Indah S., Tri W. A., and Amin B. R., (2008). Small-scale fisheries of the asian moon scallop *Amusium pleuronectes* in the Brebes Coast, Central Java, Indonesia. *ICES CM 2008/ K:08*. (Diakses tanggal 03 September 2010). 7 hlm.
- Yunus, B., & Bandu, K. (2019). Efek radiasi sinar-x pada anak-anak. *Makassar Dental Journal*, 8(2).