

Karakterisasi Bolus Berbahan Campuran *Beeswax* dan *Petroleum Jelly* Menggunakan Berkas Elektron Pada Energi 6 dan 9 MeV

Rico Adrial^(1,a*), Desy Yulia Ningsih^(1,b), Zhafirah Putri Fadhilah^(1,c) dan Afdhal Muttaqin^(1,d)

⁽¹⁾Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas, Padang, Indonesia, 25163

Email : ^(a*)ricoadrial@sci.unand.ac.id, ^(b)desyulia17@gmail.com, ^(c)zhafirah123@gmail.com

^(d)afdhalmuttaqin@sci.unand.ac.id

Diterima (13 Februari 2023), Direvisi (02 Januari 2024)

Abstract. In radiotherapy cases of cancer on the surface of the skin generally use electron beams. The electron beam has not been able to provide the optimum surface radiation dose. Therefore, a material that is able to increase the dose of surface radiation is needed, which is called a bolus. This study tested a bolus made from a mixture of beeswax and petroleum jelly. The bolus test includes the determination of density, the value of Relative Electron Density (RED) and the determination of the absorbed dose. The absorbed dose value was obtained by irradiating using a Linear Accelerator (LINAC) at 6 MeV and 9 MeV energies. The RED value was obtained from the bolus tomography image using a CT-simulator by determining the Region of Interest (ROI). The bolus density values obtained from physical measurements using the TPS program have almost the same average density values. The RED bolus value obtained at a thickness of 0.2 cm to 0.8 cm has a lower RED value than the RED value of the breast, which is 0.976. However, at 1.0 cm thickness, the RED value is equivalent to breast tissue. The value of the absorbed dose in a bolus made from a mixture of beeswax and petroleum jelly, the thicker the bolus used, the smaller the increase in the absorbed dose. The results of this study indicate that a bolus made from a mixture of beeswax and petroleum jelly can be the choice of bolus material during radiotherapy.

Keywords: beeswax, bolus, absorb dose, petroleum jelly, relative electron density (RED)

Abstrak. Dalam radioterapi kasus kanker pada permukaan kulit umumnya menggunakan berkas elektron. Berkas elektron tersebut belum mampu memberikan dosis radiasi permukaan yang optimum. Oleh sebab itu, diperlukan material yang mampu meningkatkan dosis radiasi permukaan yang disebut dengan bolus. Penelitian ini menguji bolus berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly*. Pengujian bolus meliputi penentuan densitas, nilai *Relative Electron Density* (RED) dan penentuan dosis serap. Nilai dosis serap didapatkan dengan melakukan penyinaran menggunakan *Linear Accelerator* (LINAC) pada energi 6 MeV dan 9 MeV. Nilai RED diperoleh dari citra tomografi bolus menggunakan CT-simulator dengan menentukan *Region of Interest* (ROI). Nilai densitas bolus yang diperoleh pada pengukuran secara fisis dengan pengukuran menggunakan program TPS memiliki nilai densitas rata-rata yang hampir sama. Nilai RED bolus yang diperoleh pada ketebalan 0,2 cm hingga 0,8 cm memiliki nilai RED yang lebih rendah dari nilai RED payudara yaitu sebesar 0,976. Akan tetapi pada ketebalan 1,0 cm memiliki nilai RED yang setara dengan jaringan payudara. Nilai dosis serap pada bolus berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly*, semakin tebal bolus yang digunakan maka semakin kecil pula kenaikan dosis serapnya. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa bolus berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* dapat menjadi pilihan material bolus saat radioterapi.

Kata kunci: beeswax, bolus, dosis serap, petroleum jelly, relative electron density (RED).

PENDAHULUAN

Radioterapi adalah salah satu modalitas klinis dalam pengobatan kanker yang menggunakan radiasi pengion [1]. Berkas radiasi pengion tersebut dapat dihasilkan dari alat *Linear Accelerator* (LINAC). LINAC merupakan instrumentasi radioterapi yang digunakan untuk mematikan sel tumor maupun kanker pada penderita penyakit tersebut [2]. Adapun sumber radiasi pengion yang digunakan dalam radioterapi meliputi berkas foton dan elektron. Pada radioterapi menggunakan LINAC, kasus kanker memiliki variasi mulai dari bentuk, lokasi, ukuran, dan jenis kankernya. Lokasi jaringan kanker dapat berada di dalam tubuh, di bawah permukaan kulit dan di permukaan kulit [3].

Pengobatan kanker pada permukaan kulit umumnya menggunakan berkas elektron karena memiliki dosis radiasi yang homogen di permukaan [4]. Dosis radiasi yang diterima dari berkas elektron tersebut belum mampu memberikan dosis permukaan yang maksimum disebabkan adanya efek *skin sparing* [5]. Efek *skin sparing* disebabkan karena dosis radiasi permukaan yang rendah dibandingkan dengan dosis radiasi maksimum pada kedalaman di bawah kulit [5]. Oleh sebab itu, dibutuhkan material yang digunakan untuk meningkatkan dosis radiasi permukaan yang disebut dengan bolus. Bolus merupakan material yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan tubuh dan ditempatkan pada permukaan kulit [5]. Bolus ini berfungsi untuk meningkatkan dosis permukaan, mengurangi dosis kedalaman, dan meratakan jaringan yang tidak rata [6]. Material yang dapat digunakan sebagai bolus memiliki karakteristik seperti sifat hamburan dan absorpsi yang sama dengan air dan jaringan otot, mempunyai

tingkat elastisitas yang baik, tidak beracun, tidak mengalami perubahan bentuk saat disinari radiasi serta tidak terdapat gelembung udara pada permukaan bolus [7].

Dari beberapa studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa material *beeswax* dapat menjadi pilihan yang sangat baik sebagai jaringan pengganti pada radioterapi eksternal dengan berkas foton 6 MegaVolt [8]. *Beeswax* dan *petroleum jelly* dapat digunakan sebagai alternatif material bolus untuk menghilangkan efek *skin sparing* dari radiasi cobalt-60 [9]. Berdasarkan koefisien atenuasinya *beeswax* memiliki kemiripan yang baik dengan air dan jaringan tubuh [10].

Banyaknya penelitian yang telah dilakukan pada berbagai jenis material sebagai bolus, maka penelitian ini menguji kelayakan penggunaan bolus berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* sebagai material bolus radioterapi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk penentuan densitas bolus, penentuan nilai *Relative Electron Density* (RED) dan menganalisis dosis serap. Sebelum digunakan pada pasien, material bolus ini harus diperiksa homogenitasnya dan dosis serapnya sehingga dosis menyebar secara merata.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Sampel Bolus

Diawali dengan menyiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan. Akrilik digunakan sebagai cetakan dengan dimensi 15 cm x 15 cm sesuai dengan aplikator yang digunakan. Bahan yang digunakan untuk membuat bolus dengan komposisi 600 gram *beeswax* yang ditempatkan di dalam wadah dan dicairkan dengan memanaskannya hingga suhu 64°C diikuti dengan

penambahan *petroleum jelly* sebanyak 200 gram dengan perbandingan massanya sekitar 3:1 agar bolus memiliki fleksibilitas yang tepat [9]. Kemudian, *beeswax* dan *petroleum jelly* diaduk secara menyeluruh dan dicetak pada cetakan akrilik yang sudah dilapisi oleh plastik dengan variasi ketebalan 0,2 cm, 0,4 cm, 0,6 cm 0,8 cm dan 1,0 cm. Selanjutnya, sampel didiamkan selama kurang lebih 24 jam agar sampel benar-benar mengeras secara merata. Setelah sampel mengeras lalu diangkat dan siap untuk dilakukan pengujian.

Penentuan Densitas

Pengujian densitas dengan ASTM (*American Standard Testing and Material*) seri C 134-95 untuk geometri material yang berbentuk silinder, kubus atau balok yang dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1)$$

keterangan: ρ adalah densitas (g/cm^3), M adalah massa sampel (g), V adalah volume sampel (cm^3).

Penentuan Nilai RED

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah pengambilan citra tomografi bolus menggunakan CT-simulator dengan metode *axial scanning*. Tegangan dan arus yang digunakan sebesar 120 kV dan 150 mAs. Citra bolus tersebut dikirim ke komputer *Treatment Planning System* (TPS) untuk dilakukan pembuatan daerah *Region of Interest* (ROI) sebanyak 5 yang berbentuk lingkaran dengan luas ROI 17 mm^2 . Pembuatan daerah ROI bertujuan untuk mendapatkan nilai *CT-number*. Nilai *CT-number* adalah nilai koefisien penyerapan sinar-X yang dihitung dari *pixel* pada daerah ROI. Nilai *CT-number* dinyatakan dalam satuan Hounsfield Unit (HU) pada suatu material yang sama sesuai dengan standar yang telah ditetapkan[11]. Nilai *CT-number*

yang diperoleh kemudian dirata-ratakan, untuk mencari nilai RED dari bolus menggunakan Persamaan 2 dan Persamaan 3 [12]:

$$\rho_a = 1,052 + 0,00048 N_{CT} \quad (2)$$

$$\rho_b = 1,000 + 0,001 N_{CT} \quad (3)$$

Keterangan: N_{CT} adalah nilai *CT-number*,

ρ_a adalah nilai RED jika $N_{CT} > 100$, dan

ρ_b adalah nilai RED jika $N_{CT} < 100$.

Pengukuran Dosis Serap

Pengukuran dosis serap dilakukan pada energi 6 MeV dan 9 MeV. Pengukuran dosis serap dilakukan pada kedalaman dosis maksimum, nilai D_{max} untuk masing-masing energi adalah 1,4 cm dan 2,2 cm yang diperoleh dari grafik *percentage depth dose* (PDD). Penelitian ini menggunakan *solid water phantom*. *Solid water phantom* merupakan benda padat yang dirancang sebagai bahan pengganti berbasis resin epoksi air. Bahan ini dapat digunakan untuk kalibrasi dosimetri untuk berkas foton dan elektron dalam rentang energi terapi radiasi [13]. *Solid water phantom* disiapkan pada meja pasien LINAC dan jarak antara sumber dengan permukaan *phantom source to surface dose* (SSD) diatur sejauh 100 cm dengan *mechanical pointer*. Pengukuran dosis serap dilakukan menggunakan detektor *plan parallel chamber* tipe PPC40 yang diletakkan pada kedalaman dosis maksimum *phantom* yang telah dihubungkan dengan elektrometer dalam kondisi tanpa bolus. Kemudian dilakukan penyinaran dengan berkas elektron energi 6 dan 9 MeV secara bergantian. Selanjutnya bolus diletakkan di atas *phantom* dengan memvariasikan ketebalan bolus dan penyinaran kembali dilakukan dengan

energi yang sama. Hasil pengukuran dari detektor tersebut ditampilkan oleh elektrometer dengan satuan Gray (Gy).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* yang telah dibuat dengan variasi ketebalan berbeda-beda dapat dilihat pada Gambar 1. Secara fisik bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* bersifat tidak fleksibel. Hal ini disebabkan karena komposisi dari campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* yang belum tepat.



Gambar 1. Bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly*

Pada proses pembuatan bolus tersebut, variasi komposisi dapat dilakukan agar mendapatkan fleksibilitas yang sesuai dengan kontur tubuh manusia. Fleksibilitas yang belu tepat ini sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh [8], *beeswax* yang diuji pada suhu kamar menjadi kendala, namun pada suhu diatas 39°C sampel *beeswax* menunjukkan adanya kapasitas yang lebih besar untuk fleksibilitas. Meskipun kulit yang sehat mendukung dalam penggunaan *beeswax* pada suhu tersebut, tetapi pada kulit pasien yang menjalani perawatan, sangat sensitif terhadap suhu tinggi sehingga penggunaan material *beeswax* sebagai bolus tidak

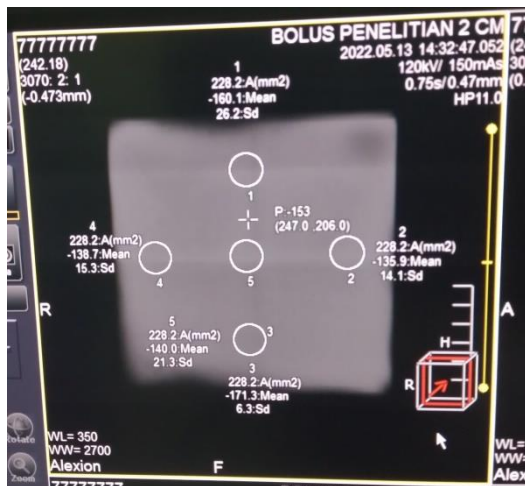
disarankan [9]. Pada suhu kamar bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* belum memiliki fleksibilitas yang sesuai dengan kontur tubuh manusia. Oleh sebab itu, bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* disarankan untuk dibuat sesuai dengan kontur tubuh manusia.

Nilai densitas bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* ditentukan menggunakan Persamaan 1 dan hasil pengukuran densitas dapat dilihat pada Tabel 1.

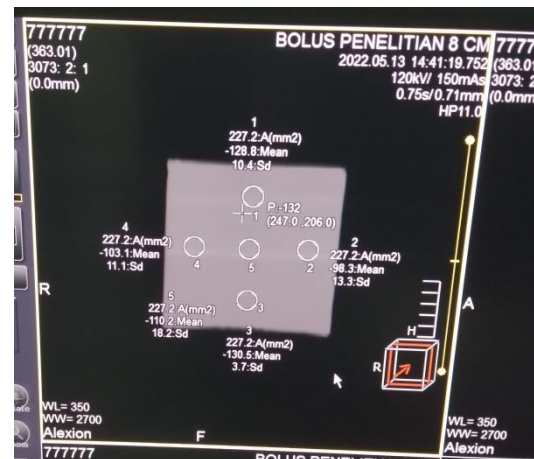
Tabel 1. Nilai densitas bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly*

No.	Ketebalan (cm)	Densitas Fisis (g/cm^3)	Densitas TPS (g/cm^3)
1	0,2	1,50	0,89
2	0,4	0,74	0,92
3	0,6	0,73	0,92
4	0,8	0,81	0,96
5	1,0	0,85	0,94
Rata-Rata		0,92	0,93

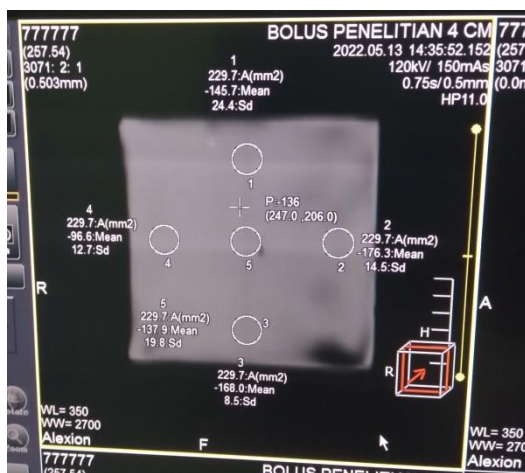
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai densitas bolus yang diperoleh pada pengukuran secara fisis dengan pengukuran menggunakan program TPS memiliki nilai densitas rata-rata yang hampir sama. Pada densitas fisis memiliki nilai rata-rata sebesar 0,92 g/cm^3 , sedangkan densitas rata-rata pada pengukuran menggunakan program TPS yaitu sebesar 0,92 g/cm^3 . Densitas bolus memiliki persentase *error* sebesar 0,21%. Berdasarkan persentase *error* tersebut, densitas bolus memiliki perbedaan yang tidak signifikan antara densitas fisis dengan densitas TPS. Jika dibandingkan dengan densitas fisis pada organ manusia, maka hasil penelitian memiliki nilai yang mendekati dengan densitas fisis pada organ payudara sebesar 0,99 g/cm^3 dan jaringan lemak sebesar 0,96 g/cm^3 [14].



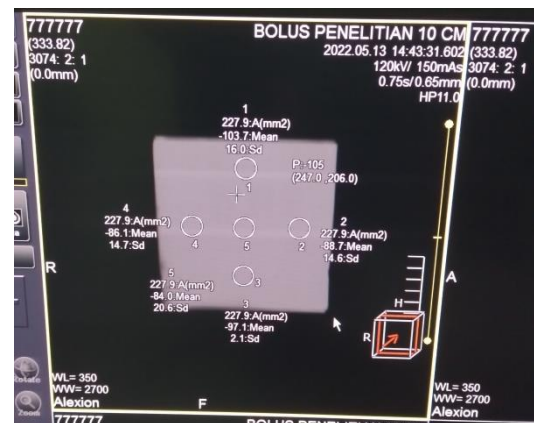
Gambar 2. CT bolus 0,2 cm



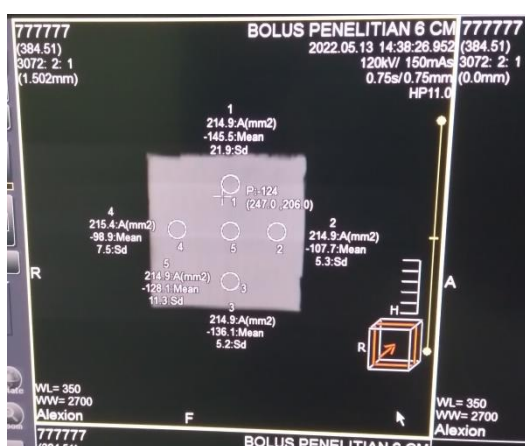
Gambar 5. CT bolus 0,8 cm



Gambar 3. CT bolus 0,4 cm



Gambar 6. CT bolus 1,0 cm



Gambar 4. CT bolus 0,6 cm

Dari hasil citra tomografi bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* diperoleh nilai CT-number yang dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai CT-number bolus tersebut memiliki nilai yang negatif disebabkan karena adanya rongga udara dan permukaan bolus yang tidak rata [15]. Namun, jika dibandingkan dengan nilai CT-number pada organ paru-paru dan jaringan lemak, nilai CT-number yang diperoleh pada penelitian ini memiliki nilai yang hampir mendekati nilai CT-number dari jaringan lemak yaitu sebesar -100 HU [16].

Tabel 2. Nilai CT-number bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly*

No.	Ketebalan (cm)	N_{CT} (HU)
1	0,2	-149,20
2	0,4	-144,90
3	0,6	-123,26
4	0,8	-114,18
5	1,0	-91,92

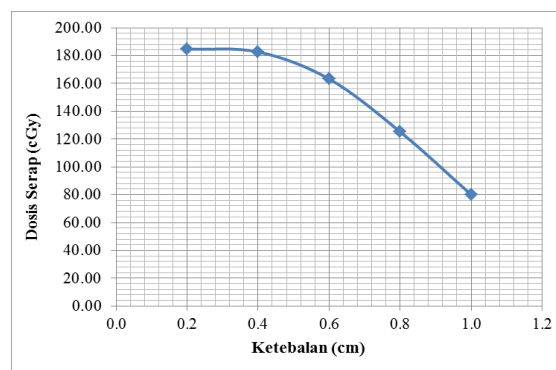
Tabel 3. Nilai RED bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly*

No.	Ketebalan (cm)	Densitas Elektron Relatif
1	0,2	0,85
2	0,4	0,86
3	0,6	0,88
4	0,8	0,89
5	1,0	0,91

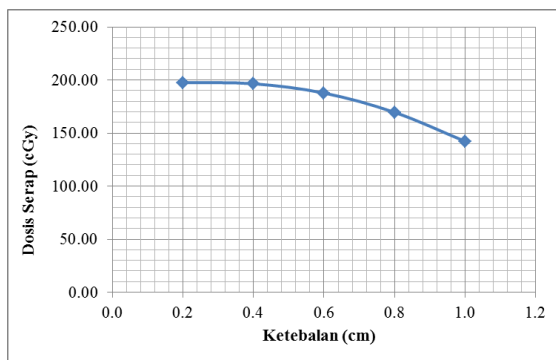
Nilai RED bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai RED yang diperoleh pada penelitian ini memiliki nilai yang lebih tinggi dari nilai RED air yaitu sebesar 1,000. Namun, lebih rendah dibandingkan dengan nilai RED tulang padat yaitu sebesar 1,512 [17]. Pada penelitian ini nilai RED bolus pada ketebalan 0,2 cm hingga 0,8 cm memiliki nilai RED yang lebih rendah dari nilai RED payudara yaitu sebesar 0,976 [12], tetapi pada ketebalan 1,0 cm memiliki nilai RED yang setara dengan jaringan payudara. Berdasarkan hasil penelitian pada bolus platisin memiliki nilai RED di antara jaringan otot hingga hati dengan nilai sebesar 1,04 hingga 1,05. Hal ini menunjukkan bahwa nilai RED bolus platisin lebih tinggi dibandingkan dengan nilai RED bolus campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* [18]. Berdasarkan nilai RED pada jenis bolus wax lainnya, seperti bolus

paraffin wax memiliki nilai RED yang setara dengan jaringan lunak. Hal ini karena bolus *paraffin wax* terdiri dari ikatan polimer organik, yaitu C_5H_8 dan kandungan air H_2O . Polimer organik tersebut menunjukkan bahwa memiliki kesamaan bahan penyusun dengan jaringan lunak dari tubuh manusia[17].

Bolus radioterapi berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* dilakukan pengujian menggunakan LINAC untuk mengetahui seberapa besar dosis serap yang dihasilkan pada berkas elektron dengan energi 6 MeV dan 9 MeV. Hasil pengukuran dosis serap bolus berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* dengan memvariasikan ketebalan 0,2 cm, 0,4 cm, 0,6 cm, 0,8 cm dan 1,0 cm dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Dosis serap bolus pada energi 6 MeV



Gambar 8. Dosis serap bolus pada energi 9 MeV

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa dosis serap bolus pada energi 6 dan 9 MeV memiliki bentuk kurva yang sama. Semakin tebal bolus yang digunakan maka semakin kecil pula kenaikan dosis serapnya. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara ketebalan bolus berbanding terbalik dengan dosis serapnya. Ketebalan bolus radioterapi sangat berpengaruh terhadap kemampuan bolus dalam menyerap dosis radiasi [3].

Adanya interaksi antara partikel elektron dengan medium yang dilaluinya menyebabkan terjadinya pelepasan elektron sekunder akibat proses ionisasi. Proses tersebut terjadi karena adanya gaya tarik Coulomb, sehingga elektron melakukan penetrasi lebih dalam menuju kedalaman dosis maksimum (D_{max}) [3]. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian bahwa pembuatan bolus *beeswax* dan *petroleum jelly* yang disinari menggunakan pesawat cobalt-60 memiliki dosis serap yang menurun seiring bertambahnya kedalaman dari 1,0 cm menjadi 5,0 cm untuk semua ukuran lapangan penyinaran [9]. Penurunan dosis serap tersebut disebabkan oleh efek hukum kuadrat terbalik dan redaman radiasi dari cobalt-60 saat melintasi bolus *beeswax* yang disusun berlapis-lapis. Hasil penelitian

ini menunjukkan bahwa bolus berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* mampu meningkat dosis permukaan pada saat radioterapi.

KESIMPULAN

Nilai densitas dan nilai RED bolus berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly* memiliki nilai yang hampir mendekati jaringan payudara. Nilai dosis serap pada bolus berbahan campuran *beeswax* dan *petroleum jelly*, semakin tebal bolus yang digunakan maka semakin kecil pula kenaikan dosis serapnya. Hal ini menunjukkan bahwa bolus tersebut mampu meningkatkan dosis permukaan saat radioterapi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada FMIPA Unand atas pembiayaan penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula dengan nomor kontrak 03/UN.16.03.D/PP/FMIPA/2022 dan pihak Rumah Sakit Pendidikan Universitas Andalas yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. H. Siregar, *Keperawatan Onkologi*. Bandung: Media Sains Indonesia, 2022.
- [2] L. Komariyah, *Cara Cepat Pahami Konsep Fisika Inti*. Parepare: Kaaffah Learning Center, 2019.
- [3] D. Junaedi *et al.*, "Analisis Penggunaan Polydimethyl Siloxane Sebagai Bolus Dalam Radioterapi Menggunakan Elektron 8 MeV Pada Linac," *Youngster Phys. J.*, vol. 5, no. 4, pp. 391–398, 2016.
- [4] C. Wulandari, W. E. Wibowo, and S.

- A. Pawiro, "Penentuan Faktor Keluaran Berkas Elektron Lapangan Kecil Pada Pesawat Linear Accelerator," *Spektra J. Fis. dan Apl.*, vol. 1, no. 1, pp. 23–28, 2016, doi: 10.1007/978-981-15-0073-2_9.
- [5] E. . Podgorsak, *External Photon Beams : Physical Aspects in Radiation Oncology Physics: A Hand Book for Teachers and Student*. Vienna: IAEA, 2005.
- [6] J. C. Mayles, P. Nahum, A. dan Rosenwald, *Handbook Of Radiotherapy Physics Theory And Practice*,. New York: Taylor and Francis Group, 2007.
- [7] A. P. Hariyanto, F. U. Mariyam, L. Almira, E. Endarko, and B. H. Suhartono, "Fabrication and characterization of bolus material using propylene glycol for radiation therapy," *Iran. J. Med. Phys.*, vol. 17, no. 3, pp. 161–169, 2020, doi: 10.22038/ijmp.2019.39798.1537.
- [8] R. M. Vidal and D. do N. Souza, "A Model for the Characterization and Selection of Beeswaxes for Use as Base Substitute Tissue in Photon Teletherapy," *Mater. Sci. Appl.*, vol. 03, no. 04, pp. 218–223, 2012, doi: 10.4236/msa.2012.34032.
- [9] A. Moses Olaosun, C. Ayoade Aborisade, I. Blessing Uwadiae, D. Eric Shian, and F. Akintunde Balogun, "Fabrication of Alternative Bolus for Cobalt-60 Teletherapy Using Two Locally Available Materials," *Eng. Phys.*, vol. 4, no. 1, p. 15, 2020, doi: 10.11648/j.ep.20200401.13.
- [10] S. Islam, K. A. Mahmoud, M. I. Sayyed, B. Alim, M. M. Rahman, and A. S. Mollah, "Study on the radiation attenuation properties of locally available bees-wax as a tissue equivalent bolus material in radiotherapy," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 172, no. June 2019, p. 108559, 2020, doi: 10.1016/j.radphyschem.2019.108559.
- [11] A. A. of P. in M. (AAPM), "Spesification and Acceptance Testing of Computed Tomography Scanners," 2013.
- [12] H. Sutanto, E. Hidayanto, G. J. Wiratama, S. Y. Astuti, and A. S. Suparman, *Bolus Berbahan Silicone*. 2018.
- [13] O. D. Rambu Kawurung, "Analisis dan Penentuan Faktor Koreksi Dosis Serap pada Medium Solid Water Phantom Terhadap Water Phantom," *J. Fis. FLUX*, vol. 15, no. 1, p. 31, 2018, doi: 10.20527/flux.v15i1.4357.
- [14] P. Tabakov, S. Milano, F. Strand, S. E. Lewis, C. dan Sprawis, *Encyclopedia of Medical Physics*. 2013.
- [15] L. C. Leony, V. F. Hanif, E. Defira, S. O. Oktamuliani, A. Muttaqin, and M. Ilyas, "Comparison of Absorbed Dose in Plasticine Bolus and Silicone Rubber Bolus," *J. Phys. Theor. Appl.*, vol. 6, no. 1, p. 25, 2022, doi: 10.20961/jphystheor-appl.v6i1.59117.
- [16] K. . Bontranger, *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*, 4th ed. St. Louis Missouri: Elsevier Mosby, 2001.
- [17] E. Endarko, C. C. C C, A. S, N. T, S. G, and N. A, "Evaluation of Dosimetric Properties of Handmade Bolus for Megavoltage Electron and Photon Radiation Therapy," *J. Biomed. Phys. Eng.*, no. June, pp. 1–12, 2020.

- [18] C. C. C. Carina, G. Sekartaji, S. Aisyah, T. Nazara, A. Nainggolan, and Endarko, "Evaluation of Dosimetric Characterization of Homemade Bolus for Radiation Therapy," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1505, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1505/1/012016.

Rico dkk: Karakterisasi Bolus Berbahan Campuran *Beeswax* dan *Petroleum Jelly* Menggunakan Berkas Elektron Pada Energi 6 dan 9 MeV