

Bolus Alternatif Berbahan Termoplastik pada Radioterapi

Rois Rizal Wiguna¹ Elia Aditya Bani Kuntjoro² Halinda Fatmayanti³

¹Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

¹Rumah Sakit Ken Saras Semarang, Indonesia

¹Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

Corresponding author: Halinda Fatmayanti

Email: halindafatmayanti@poltekkes-smg.ac.id

ABSTRACT

Background: Unused thermoplastic masks have the potential to be recycled as boluses because the thermoplastic base material is also used as bolus material and has been researched to increase the surface dose. However, before being used as a bolus, it requires processing techniques first. This research aims to determine the design, how it works and test the function of the bolus

Methods: This research is exploratory research. Research was carried out on design, working methods and functional tests in the form of density, homogeneity, surface dose and conformity. The bolus is made and then scanning is carried out on the bolus that has been made. The scanning image obtained is then processed at the TPS to obtain HU, air-gap and surface dose values. The data that has been obtained is analyzed to determine the characteristics of each bolus that has been made. Based on the results of the analysis, it can be seen whether the bolus that has been made meets the criteria for good bolus material.

Results: Thermoplastic bolus is hard, does not crack easily, and does not change shape easily. To produce this bolus, it is done through a process of cutting the mask into smaller pieces, pulverizing to remove holes and produce a dense material, and printing. The bolus can be shaped and positioned as long as it is still warm 2 minutes after printing. Thermoplastic bolus has the potential as an alternative bolus with characteristics of a density value of 30 HU, homogeneity with a standard deviation of ± 11 , conformity with the highest air-gap of 0.3 cm, and a dose to the phantom surface of 99.1%.

Conclusions: Based on the assessment of the characteristics of the thermoplastic bolus, it has the potential to be used as an alternative bolus. In further research, it is hoped that more efficient manufacturing techniques can be developed with better results and tests that have not yet been carried out.

Keyword : Bolus. Thermoplastic, Characterization

Introduction(Pendahuluan)

Pada pasien seringkali ditemui letak tumor yang dangkal sehingga memerlukan dosis permukaan yang lebih tinggi. Untuk mengatasi masalah ini maka digunakanlah bolus. Bolus adalah suatu material yang digunakan untuk kompensasi jaringan dan diletakkan pada kulit. Bolus terbuat dari bahan yang memiliki densitas yang sama dengan *soft tissue*. Dengan digunakannya bolus maka titik D_{max} akan bergeser ke permukaan sehingga tumor dapat mendapat dosis optimal dan jaringan sehat disekitarnya mendapatkan dosis yang lebih rendah. (Beyzadeoglu dkk., 2022). Bolus dapat digunakan baik pada modalitas radiasi eksternal baik pesawat LINAC (Sekartaji dkk., 2020) maupun Cobalt- 60 (Moses dkk., 2020). Material bolus dapat berasal dari pabrikan seperti superflab, termoplastik, gel, atau bahan kustom seperti, kasa basah, handuk basah, superflab,

plastisin, 3D material, dan natural rubber (Beyzadeoglu dkk., 2022; Chang dkk., 2014; Gibbons, 2020; Sakai dkk., 2021; Sutanto dkk., 2018).

Termoplastik adalah jenis plastik yang menjadi lunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan dan proses ini bisa dilakukan berulang kali (Usman & Busairi, 2020). Termoplastik lazim ditemui pada radioterapi sebagai masker untuk alat fiksasi pasien (Yeyen dkk., 2014). Bahan termoplastik menjadi salah satu bahan yang telah diteliti dan dapat menjadi material bolus (Sakai dkk., 2021). Dalam beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan masker termoplastik menimbulkan peningkatan dosis permukaan (Nagpal dkk., 2021; Snider dkk., 2015).

Bolus komersil yang beredar umumnya memiliki harga yang cukup tinggi dan tidak mudah

untuk didapatkan. Sehingga umum dijumpai material pengganti sebagai alternatif.

Salah satu bahan alternatif bolus yang sering dijumpai menggunakan bahan plastisin. Namun plastisin memiliki kekurangan berupa bahan yang gampang retak, dan bentuk yang mudah berubah. Masker termoplastik yang sudah tidak dipakai memiliki peluang untuk didaur ulang sebagai bolus. Masker termoplastik menggunakan bahan dasar termoplastik yang juga digunakan sebagai bahan bolus dan telah diteliti dapat meningkatkan dosis permukaan. Selain itu dengan daur ulang masker termoplastik dapat menghemat biaya dan mengurangi limbah. Masker termoplastik memiliki sifat yang tidak mudah retak dan tidak mudah berubah bentuk. Dengan ini masker termoplastik memiliki potensi untuk didaur ulang dan dimanfaatkan sebagai bolus namun memerlukan teknik pengolahan terlebih dahulu.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengolahan masker termoplastik sebagai bahan alternatif untuk pembuatan bolus. Dalam penelitian ini penulis akan meneliti tentang teknik pembuatan, karakterisasi densitas, homogenitas, konformitas, serta dosis permukaan yang dimiliki.

Methods (Metode)

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksploratif untuk mengetahui teknik pembuatan dan kelayakan masker termoplastik sebagai alternatif bolus pada radioterapi. Penelitian ini dilaksanakan di Unit Radioterapi RSUP Dr. Kariadi Semarang pada bulan Mei-Juni 2024. Langkah penelitian yang dilakukan berupa pembuatan bolus, uji fungsi, analisis data.

A. Pembuatan Bolus

Masker termoplastik yang digunakan sebagai bahan baku utama adalah masker termoplastik 4 poin dari Orfit. Kriteria masker yang digunakan adalah masker yang sudah dilakukan 3x pemakaian dan sudah tidak dipakai kembali. Pembuatan bolus termoplastik dilakukan dengan tahapan.

1. Pemotongan

Tahap pertama dalam pembuatan bolus adalah mempersiapkan masker. Masker yang digunakan dalam pembuatan bolus ini adalah masker dengan merk Orfit 4 poin yang telah digunakan sebanyak 3x pemakaian dan tidak digunakan kembali. Pembuatan bolus dilakukan pada ruangan moulding dengan suhu ruangan senilai 24° C. Bagian holder masker dipotong

menggunakan gunting. Kemudian masker dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil berkisar 3 x 3 cm. Pemotongan ini bertujuan untuk memotong untaian masker untuk mengurangi elastisitas.



Gambar 1. Potongan masker termoplastik setelah direndam

2. Pelumatan

Tahap kedua adalah pelumatan masker. Masker direndam kedalam waterbath berisi air dengan suhu 70° C. Potongan masker dimasukkan kedalam waterbath selama 3 menit hingga melunak. Masker yang melunak ditandai dengan warna yang menjadi transparan. Masker yang telah melunak dilumat menggunakan tangan. Proses pelumatan dilakukan sebanyak 3x hingga mendapatkan material yang padat. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan lubang dan menghasilkan material yang padat untuk menghindari inhomogenitas dosis akibat adanya lubang.



Gambar 2. Material Padat

3. Pencetakan

Tahap ketiga adalah pencetakan. Material bolus yang telah padat dilakukan pencetakan menggunakan cetakan dan papan akrilik yang diberikan plastik pada bagian atas dan bawahnya untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan (1 cm). Material dipipihkan kemudian ditekan pada ceakan selama 4 menit. Pada waktu dibawah 4 menit material masih mengalami perubahan bentuk. Kemudian material diukur dengan penggaris, menandai area pemotongan dengan spidol, dan dipotong

dengan ukuran 10 x 10 cm. Bolus akan kehilangan kelenturannya dan sulit untuk dibentuk dalam durasi 2 menit setelah dipotong. Dalam durasi ini bolus harus segera diposisikan sebelum kembali mengeras dan kehilangan kelenturannya. Bolus akan mengeras dalam 6 menit dan akan keras sempurna pada 15 menit.



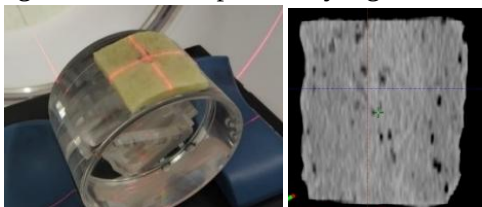
Gambar 3. Pencetakan

B. Uji Fungsi

Uji fungsi pada bolus dilakukan dengan menilai karakterisasi bolus. Karakterisasi dilakukan dengan cara analisis data yang didapatkan dari citra hasil *scanning* menggunakan *software* TPS. Proses *scanning* dilakukan menggunakan *phantom image quality* CT GE Helios QA Phantom. Karakterisasi yang akan dinilai berupa densitas, homogenitas, konformitas, dan dosis permukaan. Pengujian dilakukan sebagai berikut.

1. Scanning

Proses *scanning* dilakukan dengan memposisikan bolus pada permukaan *phantom*. Kemudian dilakukan *scanning* protokol *head plain* dengan parameter 120 kV, 250 mA, dan *scan thickness* 2.5 mm. kemudian dilakukan *scanning* secara bergantian cara dan protokol yang sama.



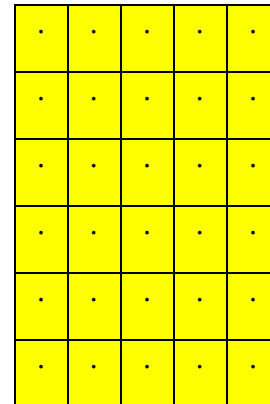
Gambar 4. Proses Scanning dan Hasil Scanning

2. Pengukuran Citra CT Simulator

Hasil *scanning* yang telah didapat kemudian dianalisis dengan *software* TPS Eclipse. Data yang diambil adalah sebagai berikut.

a. Pengambilan titik ROI

Dilakukan pengambilan titik ROI sebanyak 30 titik. ROI diletakkan pada area yang telah ditentukan. Nilai HU yang didapat akan digunakan untuk menghitung densitas dan homogenitas material.



Gambar 5. Titik Pengambilan Data

b. Pengukuran dosis permukaan

Untuk mendapatkan presentase dosis permukaan dilakukan simulasi penyinaran pada TPS dengan energi 6 MV. Pengukuran dilakukan dengan kondisi tanpa bolus dan dengan bolus. Dilakukan pengukuran pada bolus tiap kedalaman 0.2 cm hingga sedalam 1 cm dan pada permukaan *phantom* tiap kedalaman 0.2 cm hingga sedalam 5 cm.

c. Pengukuran air-gap

Dilakukan pengukuran pada area antara bolus dan permukaan *phantom* untuk menilai *air-gap*. Akan dilakukan pengukuran berupa nilai *air-gap* maksimum, dan volume *air-gap*. Nilai *air-gap* maksimum diambil dengan cara menarik garis antara permukaan bolus hingga permukaan *phantom*. Volume *air-gap* diukur dengan cara melakukan delineasi pada area munculnya *air-gap*.

C. Metode Analisis Data

Dilakukan analisis terhadap data yang telah didapat yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik masing-masing bolus yang telah dibuat. Berdasarkan analisis yang telah dibuat dapat diketahui apakah bolus yang telah dibuat memenuhi kriteria sebagai material bolus yang

baik. Analisis data yang dilakukan sebagai berikut.

1. Densitas

Sebaran nilai HU yang didapat dari analisa hasil *scanning* kemudian diambil nilai rata-ratanya. Nilai rata-rata tersebut kemudian dibandingkan dengan tabel nilai HU. Nilai rata-rata HU yang didapat dari sebaran titik ROI menggambarkan densitas material bolus yang dibuat dan perbandingannya dengan *soft tissue*. Dapat dikatakan bahwa bolus yang baik memiliki densitas yang menyerupai densitas *soft tissue* (Beyzadeoglu dkk., 2022).

2. Homogenitas

Nilai HU yang didapat dari sebaran titik ROI dilakukan penghitungan standar deviasi untuk mengetahui nilai homogenitas material. Nilai standar deviasi yang dapat dimiliki bolus yang layak digunakan adalah ± 24 (Apipunyasopon dkk., 2020).

3. Dosis Permukaan

Dilakukan analisis dosis permukaan untuk mengetahui sebaran dosis yang diterima jika dilakukan penyinaran. Data dosis permukaan yang telah didapat dari hasil pengukuran simulasi penyinaran pada TPS diolah menjadi bentuk grafik untuk menggambarkan dosis permukaan yang diterima pada masing-masing bolus untuk menggambarkan perbedaan dosis permukaan dalam kondisi dengan bolus termoplastik, bolus plastisin, dan tanpa bolus. Analisis dosis permukaan bertujuan menampilkan besaran dosis yang diterima pada tiap titik kedalaman (Aisyah dkk., 2020).

4. Konformitas

Dilakukan analisis konformitas untuk mengetahui kemampuan bolus mengikuti kontur objek yang ditempati. Analisis konformitas dilakukan berdasarkan berdasarkan nilai air-gap yang didapat. Dilakukan penghitungan rata-rata nilai air-gap yang didapat. Bolus yang baik memiliki rata-rata nilai air-gap ≤ 1 cm dengan nilai air-gap terbesar ≤ 1 cm (Lobo dkk., 2020).

Results and Discussion (Hasil dan Pembahasan)

A. Hasil

1. Desain bolus Alternatif Berbahan Termoplastik

Bolus termoplastik yang telah dibuat berbentuk kotak dengan dimensi 10 x 10 cm dengan ketebalan 1 cm dengan warna kuning keputihan. Dalam suhu ruangan bolus termoplastik memiliki wujud keras, tidak mudah retak, dan tidak mudah berubah bentuk. Secara fisik bolus termoplastik yang dibuat memiliki tampilan yang padat dan tidak ada lubang yang terlihat. Dalam kondisi panas bolus ini memiliki wujud lunak dan akan mengeras ketika dingin.



Gambar 6. Bolus Termoplastik

Bolus plastisin yang telah dibuat Bolus termoplastik yang telah dibuat berbentuk kotak dengan dimensi 10 x 10 cm dengan ketebalan 1 cm dengan merah muda. Dalam suhu ruangan bolus plastisin memiliki wujud lunak mudah retak dan mudah berubah bentuk. Dalam suhu dingin bolus plastisin rawan menjadi keras dan mudah retak sedangkan dalam suhu panas dapat meleleh dan mudah berubah bentuk.



Gambar 7. Bolus Plastisin

2. Cara kerja bolus

Lembaran bolus yang telah dicetak dipotong sesuai ukuran yang ditentukan kemudian diposisikan pada area yang memerlukan bolus. Dalam penelitian ini bolus yang dibuat diposisikan pada phantom dengan ukuran bolus 10 x 10 x 1 cm. Bolus didiamkan selama 6 menit hingga mengeras sempurna. Setelah mengeras sempurna maka bolus dapat digunakan.

Jika dari bentuk lembaran keras maka perlu melewati proses pencetakan kembali sebelum dibentuk dan disesuaikan dengan objek yang ditempati. Lembaran yang sudah

mengeras dimasukkan kembali kedalam waterbath hingga melunak. Saat sudah lunak maka dapat dilanjutkan ke pencetakan dan pemosisian bolus.

3. Uji fungsi bolus

Dalam pengujian fungsi bolus dilakukan melalui karakterisasi. Dilakukan scanning untuk mendapatkan citra hasil scanning yang kemudian akan dilakukan analisa pada citra untuk mendapatkan penilaian berupa nilai densitas, homogenitas, konformitas, dan dosis permukaan. Dilakukan scanning menggunakan CT Simulator pada kedua bolus yang telah dibuat. Proses scan dilakukan dengan menempatkan bolus pada phantom GE Helios QA Phantom. Protokol scanning yang digunakan adalah brain plain dengan parameter berupa 120 KV, 250 mA, dan slice thickness 2.5 mm. Citra hasil scanning kemudian dikirimkan ke software TPS Varian Eclipse untuk selanjutnya dilakukan pengolahan untuk mendapatkan karakteristik bolus. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut.

a. Densitas

Pada komputer TPS diletakkan ROI pada 30 titik yang telah ditentukan. Nilai HU yang didapat dari ROI masing-masing bolus seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Nilai HU Bolus

Nilai HU	Bolus Termoplastik	Bolus Plastisin
Tertinggi	50	108
Terendah	10	57
Rata-rata	30	57

Dari nilai HU yang didapat diketahui nilai rata-rata densitas bolus termoplastik sebesar 30 HU dan nilai densitas bolus plastisin sebesar 87 HU. Berdasarkan tabel nilai HU jaringan Long dkk. (2015) nilai HU bolus termoplastik mendekati berada diantara nilai HU air dan otot. Sedangkan nilai HU bolus plastisin berada diatas densitas otot.

b. Homogenitas

Berdasarkan sebaran nilai HU yang telah didapat dilakukan penghitungan standar deviasi. Berdasarkan data sebaran nilai HU

didapat nilai rata-rata untuk bolus termoplastik sebesar 30 HU dengan standar deviasi sebesar ± 11 . Dengan demikian sebaran nilai HU pada bolus termoplastik sebesar 30 ± 11 HU. Pada bolus plastisin didapat nilai rata-rata 87 HU dengan standar deviasi ± 12 . Maka sebaran nilai HU pada bolus plastisin sebesar 87 ± 12 HU.

c. Konformitas

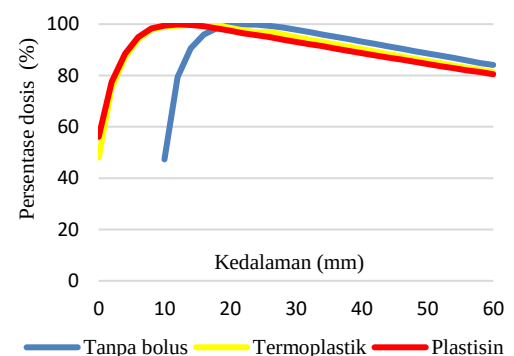
Pada software TPS diambil pengukuran air-gap berupa volume dan nilai air-gap tertinggi. Nilai air-gap diambil dengan cara menarik garis antara permukaan bolus hingga permukaan phantom. Dari panjang garis tersebut dapat diketahui besar air-gap yang terbentuk. Untuk mengukur volume air-gap dilakukan delineasi pada area terbentuknya air-gap.

Tabel 2. Nilai Air-Gap

Nilai Air-gap	Bolus Termoplastik	Bolus Plastisin
Tertinggi	0.3 cm	0.15 cm
Volume	12.2 cm ³	3 cm ³

d. Dosis Permukaan

Pada kondisi tanpa bolus dosis yang diterima permukaan phantom sebesar 47,3% dengan Dmax terletak 1,3 cm dibawah permukaan phantom. Pada penggunaan bolus termoplastik Dmax terjadi 1,5 cm dari permukaan bolus atau 0,5 cm dari permukaan phantom dengan dosis yang diterima permukaan phantom sebesar 99,1%. Sedangkan pada penggunaan bolus plastisin Dmax terjadi 1,3 cm dari permukaan bolus atau 0,3 cm dari permukaan phantom dengan dosis yang diterima permukaan phantom sebesar 99,5%.



Gambar 8. Grafik Dosis Permukaan

B. Pembahasan

1. Desain bolus Alternatif Berbahan Termoplastik

Masker termoplastik tidak bisa langsung digunakan sebagai bolus karena memiliki beberapa kekurangan. Yang menjadi permasalahan dalam penggunaan masker termoplastik sebagai bolus adalah bentuk dari masker itu sendiri yang berlubang yang dapat mempengaruhi sebaran dosis, ketebalan yang terbatas, dan persentase kenaikan dosis permukaan yang rendah. Untuk itu dalam penelitian ini berusaha mencari solusi dari permasalahan tersebut. Teknik pembuatan dan lama waktu pembuatan mungkin dapat berbeda jika dilakukan menggunakan bahan masker termoplastik dari vendor yang berbeda. Mengingat profil produk yang dimiliki tiap vendor dapat memiliki perbedaan.

Bolus yang telah dibuat berwujud keras, tidak mudah retak, dan tidak mudah berubah bentuk. Sifat bolus ini mengikuti material masker termoplastik dimana material akan melunak ketika panas dan akan mengeras ketika dingin. Memiliki warna kuning keputihan seperti warna masker termoplastik. Dalam penelitian ini bolus dibentuk dengan dimensi 10 x 10 cm dengan ketebalan 1 cm untuk disimulasikan dalam penyinaran.

Dalam proses desain bolus termoplastik bertujuan untuk menghilangkan lubang yang ada pada masker sehingga bisa menghasilkan sebaran dosis yang homogen pada tiap titiknya. Dalam proses desain masker termoplastik diolah melalui beberapa tahapan untuk mendapatkan material bolus yang padat dan tidak memiliki lubang. Secara fisik bolus termoplastik yang dibuat memiliki tampilan yang padat dan tidak ada lubang yang terlihat. Bolus yang telah dibuat berwujud keras, tidak mudah retak, dan tidak mudah berubah bentuk. Bolus belum dapat diuji langsung pada penyinaran LINAC dan penerapan pada pasien dikarenakan keterbatasan waktu dan kapasitas peneliti sehingga belum bisa menilai penggunaan bolus termoplastik pada penerapannya secara langsung. Proses pembuatan bolus termoplastik masih memerlukan usaha lebih dan waktu yang cukup lama dibandingkan bolus yang

umunya digunakan di lapangan seperti plastisin. Oleh karena itu diperlukan pengembangan lanjutan untuk mendapatkan teknik pembuatan yang lebih efisien dan lebih mudah.

Dalam mendapatkan desain bolus termoplastik melewati 3 tahapan utama yaitu persiapan bahan, pelumatan, dan pencetakan. Pembuatan bolus ini memerlukan waktu selama 43 menit. Teknik pembuatan dan lama waktu pembuatan mungkin dapat berbeda jika dilakukan menggunakan bahan masker termoplastik dari vendor yang berbeda. Mengingat profil produk yang dimiliki tiap vendor dapat memiliki perbedaan. Keunggulan dari bolus yang telah dibuat adalah memiliki ketahanan yang kuat, tidak mudah retak, dan tidak mudah berubah bentuk. Kekurangannya adalah waktu pembuatan yang cukup lama dan memerlukan usaha lebih dalam proses pembuatannya.

2. Cara Kerja

Lembaran bolus yang telah dicetak dipotong sesuai ukuran yang ditentukan kemudian diposisikan pada area yang memerlukan bolus. Bolus akan kehilangan kelenturannya dan sulit untuk dibentuk dalam durasi 2 menit setelah dicetak. Dalam durasi ini bolus harus segera diposisikan sebelum kembali mengeras dan kehilangan kelenturannya. Jika diposisikan terlalu cepat maka bolus akan terlalu lunak dan dapat berubah bentuk sedangkan jika terlalu lama maka bolus akan mengeras dan kehilangan elastisitasnya sehingga sulit untuk mengikuti kontur permukaan yang ditempati.

Efek dari penggunaan bolus ini adalah kenaikan dosis permukaan. Cara kerja bolus adalah dengan menambahkan material dengan ketebalan yang dikondisikan sesuai kedalaman objek yang akan disinari. Bolus berguna sebagai kompensasi jaringan sehingga buildup region dapat terjadi pada bolus. Penggunaan bolus dapat meningkatkan efek radiasi pada permukaan kulit. Elektron sekunder yang diproduksi oleh bolus berperan meningkatkan dosis di kulit sehingga dosis maksimal mendekat ke permukaan kulit.

Cara pemakaian bolus termoplastik membutuhkan teknik yang lebih sulit dibanding penggunaan bolus plastisin. Dalam pemakaian bolus termoplastik perlu

memperhatikan waktu pembentukan dan pemosisian bolus. Jika terlalu cepat maka bolus akan terlalu lembek dan berubah bentuk sedangkan jika terlalu lama akan mendingin dan keras terlebih dahulu sehingga tidak bisa mendapatkan konformitas yang sempurna. Bolus termoplastik dapat menjadi alternatif penggunaan bolus karena dapat memberikan hasil yang sama dengan plastisin. Namun memiliki kekurangan dalam pembuatan dan pemosisian yang memerlukan usaha lebih.

3. Uji Fungsi

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian fungsi pada 2 bolus yaitu bolus termoplastik dan bolus plastisin. Bolus termoplastik memiliki wujud fisik yang keras, tidak mudah retak, dan tidak mudah berubah bentuk. Sedangkan bolus plastisin memiliki wujud fisik lunak, mudah retak, dan mudah berubah bentuk. Untuk menilai kedua bolus tersebut dilakukan karakterisasi densitas, homogenitas, konformitas, dan nilai dosis permukaan.

a. Densitas

Material bolus yang baik adalah material yang memiliki densitas material yang mirip dengan jaringan (Beyzadeoglu dkk., 2022). Lapisan dengan densitas tinggi lebih banyak menyerap radiasi dan memunculkan hamburan elektron lebih banyak sedangkan daerah yang memiliki densitas rendah lebih lemah dalam menyerap radiasi dan memunculkan hamburan elektron yang lebih sedikit (Gibbons, 2020). Dari data yang telah didapat densitas masker termoplastik bernilai 30 HU berada diantara nilai HU air dan otot sedangkan densitas plastisin bernilai 87 HU dan berada diatas nilai HU otot. Perbedaan nilai HU ini akan mempengaruhi sebaran dosis yang diterima. Bolus plastisin akan menyerap radiasi lebih banyak dan memunculkan hamburan elektron yang lebih banyak dikarenakan memiliki densitas yang lebih tinggi dibanding bolus termoplastik.

Menurut Orfit (2023) bolus termoplastik pabrikan yang dibuat memiliki densitas material 1,13 g/cm³. Menurut informasi yang tertera pada panduan penggunaan masker termoplastik dengan merk Orfit dibuat dengan bahan dengan densitas

yang sama yaitu 1,13 g/cm³. Dengan ini berarti bolus alternatif yang dibuat memiliki densitas material yang setara dengan bolus pabrikan.

b. Homogenitas

Homogenitas bertujuan untuk dapat memberikan dosis yang sama pada permukaan tubuh pasien. Ketidakhomogenitas pada material bolus dapat mengakibatkan atenuasi radiasi menjadi tidak merata (Boopathi dkk., 2023). Nilai standar deviasi yang dapat dimiliki bolus yang layak digunakan adalah ± 24 (Apipunyasopon dkk., 2020). Dengan demikian sebaran nilai HU pada bolus termoplastik sebesar 30 ± 11 HU. Pada bolus plastisin didapat nilai rata-rata 87 HU dengan standar deviasi ± 12 . Maka sebaran nilai HU pada bolus plastisin sebesar 87 ± 12 HU. Kedua bolus memiliki nilai standar deviasi dalam rentang batas kelayakan. Ini berarti kedua bolus memiliki sebaran nilai HU yang dapat dikatakan homogen. Dengan demikian kedua bolus dapat memberikan dosis yang merata pada permukaan tubuh pasien.

c. Konformitas

Konformitas adalah kemampuan bolus menyesuaikan bentuk permukaan objek yang ditempati. Air-gap diantara bolus dan permukaan kulit dapat mengurangi dosis radiasi yang diterima (Gibbons, 2020). Idealnya suatu bolus dapat menempel sempurna pada permukaan kulit tanpa ada air-gap. Toleransi nilai air-gap yang dapat diterima adalah ≤ 1 cm. (Lobo dkk., 2020).

Bolus termoplastik memiliki air-gap tertinggi senilai 0,3 cm dengan volume air-gap 12,2 cm³ sedangkan bolus plastisin memiliki air-gap tertinggi senilai 0,15 cm dengan volume air-gap total 3 cm³. Kedua bolus memiliki nilai air-gap tertinggi dibawah 1 cm yang berarti tidak akan menimbulkan pengurangan dosis pada permukaan dibawahnya dan layak digunakan. Plastisin memiliki nilai konformitas yang lebih baik karena memiliki nilai air-gap dan volume air-gap yang lebih rendah dibanding termoplastik

Konformitas bolus termoplastik dipengaruhi pengerasan material.

Semakin keras bolus maka elastisitasnya berkurang. Sedangkan jika terlalu lunak maka bolus akan berubah bentuk kembali. Dalam penelitian ini didapatkan tingkat konformitas bolus yang baik selama rentang waktu 2 menit setelah pencetakan. Jika terlalu cepat maka bolus akan berubah bentuk kembali sedangkan jika terlalu lama maka bolus akan mengeras dan kehilangan fleksibilitasnya. Bolus termoplastik sebaiknya digunakan pada permukaan yang cenderung rata dikarenakan fleksibilitas material yang kurang cocok untuk area yang tidak rata. Jika digunakan pada area yang tidak rata maka dapat memungkinkan munculnya air-gap.

d. Dosis Permukaan

Dosis permukaan menampilkan besaran dosis yang diterima pada tiap titik kedalaman. Titik yang mendapat dosis maksimal (100%) disebut dengan Dmax. Efek dari penggunaan bolus adalah meningkatkan dosis pada permukaan dengan cara membuat dose buildup terjadi pada bolus itu sendiri (Sibtain dkk., 2022). Pada kondisi tanpa bolus dosis pada permukaan phantom sebesar 47,3 % dengan Dmax pada 1,3 cm dari permukaan phantom. Pada masker termoplastik terjadi peningkatan dosis pada permukaan phantom sebesar 51,8 % menjadi 99,1% dan pergeseran Dmax menjadi 0,5 cm dibawah permukaan phantom. Pada plastisin terjadi peningkatan dosis pada permukaan phantom sebesar 52,2% menjadi 99,5% dan pergeseran Dmax menjadi 0,3 cm dibawah permukaan phantom. Terdapat perbedaan dimana dosis yang diterima permukaan phantom pada plastisin memiliki dosis 0,4% lebih besar dan Dmax yang lebih dekat 0,2 cm dari permukaan phantom dibanding bolus termoplastik. Hal ini disebabkan karena nilai HU plastisin lebih tinggi sehingga menyerap dosis lebih besar dan dapat menghasilkan hamburan elektron lebih besar daripada termoplastik.

Conclusion(Simpulan)

Bolus termoplastik memiliki wujud keras, tidak mudah retak, dan tidak mudah berubah bentuk dan

tidak ada lubang yang terlihat secara fisik. Untuk menghasilkan bolus ini dilakukan melewati proses persiapan bolus dengan memotong bolus menjadi lebih kecil, pelumatan untuk menghilangkan lubang dan menghasilkan material yang padat, dan pencetakan untuk mendapatkan ketebalan dan ukuran yang digunakan. Cara penggunaan bolus termoplastik adalah dengan melakukan pembentukan dan pemosisian bolus selama masih dalam kondisi hangat 2 menit setelah dicetak. Bolus termoplastik memiliki potensi sebagai bolus alternatif dengan nilai densitas 30 HU, nilai homogenitas dengan sebaran sebesar 30 ± 11 HU, konformitas dengan *air-gap* tertinggi 0,3 cm, dan dosis pada permukaan sebesar 99,1%.

References(Daftar Pustaka)

- Agustina, F., Ardiyanto, J., & Masrochah, S. (2020). Teknik 3D Conformal Radioterapi (3DCRT) Pada Keganasan Sinus Paranasal Dengan Modalitas Linac. *Jurnal Imaging Diagnostik*.
- Aisyah, S., Carina, C. C. C., Nazara, T., Sekartaji, G., Nainggolan, A., & Endarko. (2020). A comparative study of dosimetric characterization of bolus based on natural rubber (*Hevea brasiliensis*) and clinical bolus for therapy with megavolt electron radiation. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1505(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012026>
- Ali, M., Muntimadugu, B., Nagaraju, M., & Vuba, S. (2015). Radiotherapy for large cutaneous angiosarcoma of face with RapidArc (VMAT). *International Journal of Cancer Therapy and Oncology*, 3(2), 03023. <https://doi.org/10.14319/ijcto.0302.3>
- Andinata, B., Bachtiar, A., Oktamianti, P., Partahi, J. R., & Dini, M. S. A. (2023). A comparison of cancer incidences between dharmais cancer hospital and GLOBOCAN 2020: A descriptive study of top 10 cancer incidences. *Indonesian Journal of Cancer*, 17(2), 119. <https://doi.org/10.33371/ijoc.v17i2.982>
- Aoyama, T., Uto, K., Shimizu, H., Ebara, M., Kitagawa, T., Tachibana, H., Suzuki, K., & Kodaira, T. (2020). Physical and dosimetric characterization of thermoset shape memory bolus developed for radiotherapy. *Medical Physics*, 47(12), 6103–6112. <https://doi.org/10.1002/mp.14516>
- Apipunyasopon, L., Chaloeiparp, C., Wiriyatharakij, T., & Phaisangittisakul, N. (2020). Characterization of natural rubber as a bolus material for electron beam radiotherapy. *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy*, 25(5), 725–729. <https://doi.org/10.1016/j.rpor.2020.06.006>
- Beyzadeoglu, M., Ozyigit, G., & Ebruli, C. (2022). *Basic radiation oncology* (2 ed.). Springer Nature.
- Boopathi, M., Khanna, D., Venkatraman, P., Varshini, R., Sureka, C. S., & Pooja, S. (2023). Fabrication and dosimetric characteristics of silicon elastomer-based bolus using external beam

radiotherapy. *Asian Pac. J. Cancer Prev.*, 24(1), 141–147. <https://doi.org/10.31557/apjcp.2023.24.1.141>

Carina, C. C. C., Sekartaji, G., Aisyah, S., Nazara, T., Nainggolan, A., & Endarko. (2020). Evaluation of dosimetric characterization of homemade bolus for radiation therapy. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1505(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012016>

Chang, D. S., Lasley, F. D., Das, I. J., Mendonca, M. S., & Dynlacht, J. R. (2014). *Basic radiotherapy physics and biology* (2014 ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06841-1>

Dąbrowska-Szewczyk, E., Zawadzka, A., Kowalczyk, P., Podgórski, R., Saworska, G., Głowacki, M., Kukołowicz, P., & Brzozowska, B. (2023). Low-density 3D-printed boluses with honeycomb infill in radiotherapy. *Physica Medica*, 110, 102600. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2023.102600>

Dai, G., Xu, X., Wu, X., Lei, X., Wei, X., Li, Z., Xiao, Q., Zhong, R., & Bai, S. (2020). Application of 3D-print silica bolus for nasal NK/T-cell lymphoma radiation therapy. *Journal of Radiation Research*, 61(6), 920–928. <https://doi.org/10.1093/jrr/rraa084>

De, S. K. (2022). *Fundamentals of cancer detection, treatment, and prevention*. Wiley-VCH Verlag.

Dilson, L., Challapalli, S., Sourjya, B., Athiyamaan, M. S., Ramamoorthy, R., Johan, S., & Abhishek, K. (2022). Estimation of Surface Dose in the Presence of Unwanted Air Gaps under the Bolus in Postmastectomy Radiation Therapy: A Phantom Dosimetric Study. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 23(9), 2973–2981. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2022.23.9.2973>

Gibbons, J. P. (2020). *Khan's the physics of radiation therapy* (6 ed.). Lippincott Williams and Wilkins.

Halperin, E. C., Wazer, D. E., Perez, C. A., & Brady, L. W. (2019). *Perez & brady's principles and practice of radiation oncology* (7 ed.). Lippincott Williams and Wilkins.

Junaedi, D., Setiawati, E., Arifin, Z., & Ramantisan, S. (2016). Analisis Penggunaan Polydimethyl Siloxane sebagai Bolus dalam Radioterapi Menggunakan Elektron 8 Mev pada Linac. *Youngster Physics Journal*, 5(4), 391–398.

Kowalczyk, N. (2014). *Radiographic Pathology for Technologists* (6 ed.). Mosby.

Kurniati, E. (2021). Postoperative Radiotherapy of Keloid earlobe at Dr. Kariadi Hospital. *International Journal of Allied Medical Sciences and Clinical Research (IJAMSCR)*, 9(2), 171–174.

Leech, M., Coffey, M., Mast, M., Moura, F., Osztavics, A., Pasini, D., & Vaandering, A. (2017). ESTRO ACROP guidelines for positioning, immobilisation and position verification of head and neck patients for radiation therapists. *Technical Innovations & Patient Support in Radiation Oncology*, 1, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.tipsro.2016.12.001>

Lobo, D., Banerjee, S., Srinivas, C., Ravichandran, R., Putha, S., Prakash Saxena, P., Reddy, S., & Sunny, J. (2020). Influence of air gap under bolus in the dosimetry of a clinical 6 MV photon beam. *Journal of Medical Physics*, 45(3), 175. https://doi.org/10.4103/jmp.JMP_53_20

Long, B. W., Rollins, J. H., & Smith, B. J. (2015). *Merrill's atlas of radiographic positioning and procedures: 3-Volume set* (13 ed.). Mosby.

Moses Olaosun, A., Ayoade Aborisade, C., Blessing Uwadiae, I., Eric Shian, D., & Akintunde Balogun, F. (2020). Fabrication of Alternative Bolus for Cobalt-60 Teletherapy Using Two Locally Available Materials. *Engineering Physics*, 4(1), 15. <https://doi.org/10.11648/j.ep.20200401.13>

Nagpal, P., Pruthi, D. S., Shanmugan, P., Chinnakari, P., Pandey, M., & Singh, H. (2021). Does Thermoplastic Mask Alleviates Skin Sparing Effect of Photons in Head and Neck Cancer Patients: A Pilot study. *Cancer Therapy & Oncology International Journal*, 18(01). <https://doi.org/10.19080/CTOIJ.2021.18.555978>

Ordonez-Sanz, C., Bowles, S., Hirst, A., & MacDougall, N. D. (2014). A single plan solution to chest wall radiotherapy with bolus? *The British Journal of Radiology*, 87(1037), 20140035. <https://doi.org/10.1259/bjr.20140035>

Orfit Industries. (2023). *HIGH PRECISION THERMOPLASTIC BOLUS MATERIAL*.

Rismawati, S. N., Noor, J. A. E., Yueniwati, Y., & Hentihu, F. K. (2022). Impact of in-house bolus thickness on the percentage of surface dose for 10 and 12 MeV electron beams. *J. Penelit. Pendidik. IPA*, 8(6), 2833–2839. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i6.2344>

Sakai, Y., Tanooka, M., Okada, W., Sano, K., Nakamura, K., Shibata, M., Ueda, Y., Mizuno, H., & Tanaka, M. (2021). Characteristics of a bolus created using thermoplastic sheets for postmastectomy radiation therapy. *Radiol. Phys. Technol.*, 14(2), 179–185. <https://doi.org/10.1007/s12194-021-00618-2>

Sekartaji, G., Aisyah, S., Carina, C. C. C., Nazara, T., Nainggolan, A., & Endarko. (2020). Comparison of dosimetry characteristics from some bolus materials for 6 and 10 MV photons beam radiation therapy. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1505(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012028>

Sibtain, A., Morgan, A., & MacDougall, N. (2022). *Physics for clinical oncology* (2 ed.). Oxford University Press.

Snider, J. W., Kalavagunta, C., Xu, H., Schrum, A., Vadnais, P., Marter, K., Lin, M. H., & Suntharalingam, M. (2015). Bolus Effect of Immobilization Masks in Head and Neck Radiation Therapy Mitigated by Mask Alteration and Dosimetric Optimization for Skin Avoidance. *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*, 93(3), E627–E628. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2015.07.2147>

Sutanto, H., Hidayanto, E., Jaya, W. G., Astuti, S. Y., & Supratman, A. S. (2018). *BOLUS BERBAHAN SILICONE DAN NATURAL RUBBER*. Undip Press.

Usman, & Busairi, A. (2020). Uji Temperatur Elemen Pemanas Jenis Coil Terhadap Pembengkokan Termoplastik. *Jurnal Ristech (Jurnal Riset, Sains dan Teknologi)*, 2(2), 16–23.

Yeyen, N., Juwono, A. L., & Soejoko, D. S. (2014). KARAKTERISASI MASKER TERMOPLASTIK SEBELUM DAN SESUDAH RADIASI. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(2).

Yu, S., Ahn, S. H., Choi, S. H., Ahn, W. S., & Jung, I. (2023). Clinical Application of a Customized 3D-Printed Bolus in Radiation Therapy for Distal Extremities. *Life*, 13(2), 362. <https://doi.org/10.3390/life13020362>