

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi iradiasi gamma telah menjadi salah satu metode paling efektif untuk menjamin keamanan dan kualitas buah ekspor pada sektor fitosanitari. Iradiasi mampu mengendalikan hama tanpa menggunakan bahan kimia dan residu, serta tidak mengurangi mutu buah, sehingga diterima oleh negara-negara tujuan ekspor (Zhao dkk., 2017). Namun, keberhasilan proses iradiasi sangat bergantung pada kemampuan untuk memastikan distribusi dosis yang akurat di dalam buah. Setiap jenis buah memiliki variasi bentuk, ukuran, densitas, dan komposisi internal yang menyebabkan pola penyerapan radiasi berbeda-beda sehingga mempengaruhi titik minimum dan maksimum dosis.

Kondisi ini menjadikan penggunaan buah asli sebagai objek validasi dosis kurang praktis dan sulit direproduksi secara konsisten antar pengujian. Oleh karena itu, proses validasi dosis membutuhkan fantom buah sebagai model tiruan yang secara fisik dan radiologis menyerupai buah asli namun stabil, konsisten, dan dapat digunakan berulang kali (Agassy dkk., 2026). Fantom ini harus memiliki geometri, densitas, dan karakteristik fisik yang tetap meskipun terpapar radiasi gamma. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan material yang tidak hanya mampu merepresentasikan karakteristik fisik buah, tetapi juga dapat diproduksi dengan presisi tinggi dan memiliki ketahanan yang baik terhadap paparan radiasi gamma berulang.

Beberapa studi telah menunjukkan potensi teknologi 3D *printing*, khususnya metode *Stereolithography Apparatus* (SLA), dalam pembuatan objek bergeometri kompleks dengan presisi tinggi (Husna dkk., 2024). Resin fotopolimer yaitu material yang digunakan dalam metode SLA, banyak digunakan untuk pembuatan fantom medis, perangkat *engineering*, serta simulasi material karena kemampuannya menghasilkan detail halus dan struktur yang berulang. Namun, meskipun penelitian mengenai efek iradiasi terhadap polimer konvensional seperti *polyethylene* cukup banyak, karakterisasi material 3D *printing* SLA menggunakan

resin fotopolimer pascairadiasi gamma masih sangat terbatas, terutama untuk aplikasi industri seperti fitosanitari.

Namun, sebelum resin fotopolimer dapat digunakan sebagai material fantom buah, perlu dipastikan bahwa material tersebut tetap stabil secara mekanik dan strukturnya tidak berubah setelah menerima dosis iradiasi. Iradiasi gamma dapat menyebabkan perubahan signifikan pada polimer, seperti pembentukan *cross-linking*, *chain scission*, perubahan modulus elastisitas, hingga degradasi (Ma dkk., 2025). Tanpa mengetahui sifat dasar material pascairadiasi, penggunaan resin fotopolimer sebagai fantom akan berisiko menghasilkan distribusi dosis yang tidak akurat.

Karakterisasi pada penelitian ini difokuskan pada aspek mekanik karena sifat mekanik merupakan indikator awal dan paling sensitif terhadap perubahan struktur internal polimer akibat iradiasi, seperti *cross-linking* dan *chain scission*, sehingga dapat menjadi parameter *screening* cepat untuk menentukan apakah suatu material layak dikaji lebih lanjut sebagai kandidat fantom. Apabila resin fotopolimer tidak mampu mempertahankan stabilitas mekaniknya setelah iradiasi, maka geometri dan integritas struktural fantom akan terganggu, sehingga pengujian sifat radiologis maupun karakterisasi lainnya menjadi tidak relevan untuk dilakukan pada tahap ini (Naikwadi dkk., 2022). Dengan demikian, uji mekanik dipilih sebagai tahap karakterisasi awal yang menjadi prasyarat sebelum pengujian sifat radiologis dan karakterisasi lanjutan lainnya dilakukan pada penelitian selanjutnya.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkarakterisasi perubahan sifat mekanik resin fotopolimer hasil 3D *printing* SLA setelah diberikan perlakuan iradiasi gamma dengan variasi dosis. Penelitian ini merupakan langkah dasar dalam pengembangan fantom buah untuk aplikasi fitosanitari, karena hasil karakterisasi material inilah yang menentukan apakah resin fotopolimer layak digunakan sebagai kandidat material fantom yang stabil, aman, dan akurat secara dosimetris.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh iradiasi gamma dengan berbagai variasi dosis terhadap perubahan sifat mekanik resin fotopolimer hasil pencetakan 3D metode SLA untuk aplikasi fantom iradiasi industri.
2. Menentukan kelayakan resin fotopolimer sebagai material fantom berdasarkan kestabilan sifat mekanik material setelah paparan iradiasi gamma serta mengevaluasi pengaruh degradasi maupun penguatan struktur material akibat radiasi.
3. Menentukan estimasi penggunaan berulang fantom berbasis resin fotopolimer berdasarkan akumulasi dosis radiasi selama proses iradiasi gamma.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh iradiasi gamma terhadap perubahan sifat mekanik resin fotopolimer hasil pencetakan 3D metode SLA sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi material untuk aplikasi fantom iradiasi industri dan pangan.
2. Memberikan referensi mengenai kestabilan karakteristik mekanik resin fotopolimer setelah paparan iradiasi gamma serta pengaruh degradasi maupun penguatan struktur material akibat radiasi.
3. Mendukung pengembangan fantom berbasis 3D *printing* yang lebih fleksibel, mudah diproduksi, dan mampu mengikuti geometri objek asli dibandingkan fantom konvensional pada aplikasi iradiasi industri.