

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Additive Manufacturing (AM) merupakan konsep teknologi pencetakan 3 dimensi (3D) yang membuat produk secara *layer-by-layer* berdasarkan model CAD (Khan dan Jappes, 2019; Bandyopadhyay *et al.*, 2020). AM diterapkan pada berbagai industri antara lain *aerospace*, otomotif, medis, dan energi selama dua dekade terakhir (Adugna *et al.*, 2021). Penerapan AM memungkinkan untuk mencetak produk secara kompleks menjadikan AM sangat penting bagi industri medis (Khan dan Jappes, 2019). Penerapan AM pada industri kesehatan memungkinkan untuk mencetak model medis secara fleksibel dengan mereduksi *waste* dan biaya yang diperlukan untuk keperluan pencetakan (Calignano *et al.*, 2019; Rouf *et al.*, 2022). Hal ini menjadi salah satu faktor keuntungan bagi industri kesehatan dalam menerapkan teknologi AM, karena teknologi ini membantu memberikan perencanaan pengembangan kebutuhan medis dengan biaya yang wajar (Javaid dan Haleem, 2018; Rouf *et al.*, 2022).

Dalam industri medis, AM digunakan secara bervariasi untuk perancangan dan pengembangan keperluan medis seperti pembuatan model medis antara lain alat bedah, implan, instrumen kesehatan, bantuan medis dan biomanufaktur (Javaid dan Haleem, 2018). Model medis dicetak berdasarkan anatomi pasien dan struktur tulang yang digunakan untuk pembelajaran dan pelatihan operasi bagi para tenaga medis (Salmi, 2021). Teknologi AM sangat membantu para tenaga medis dalam memahami permasalahan situasi klinis melalui model medis yang telah dicetak (Calignano *et al.*, 2019). Hal ini menjadi potensi tersendiri bagi teknologi AM untuk menciptakan inovasi tambahan dalam industri medis dengan pengembangan dari berbagai material yang memiliki kualitas baik dan presisi yang tinggi (Haleem dan Javaid, 2020).

Beberapa teknologi AM yang sering diterapkan dalam industri kesehatan antara lain *Stereolithography (SLA)*, *Laminated Object Manufacturing (LOM)*, *Inkjet Moulding (IJM)*, *Fused Deposition Modelling (FDM)*, *Selective Laser*

Melting (SLM), *Selective Laser Sintering (SLS)*, *Direct Energy Deposition (DED)*, dan *Electron Beam Melting (EBM)* (Nematollahi *et al.*, 2019). Setiap teknologi menggunakan material yang berbeda-beda antara lain *Fused Deposition Modelling (FDM)* menggunakan termoplastik seperti ABS dan PLA, *Selective Laser Sintering (SLS)* menggunakan bubuk, *Selective Laser Melting (SLM)* dan *Electron Beam Melting (EBM)* menggunakan polimer, logam dan keramik, *Stereolithography (SLA)* menggunakan resin, *Laminated Object Manufacturing (LOM)* menggunakan plastik, kertas, dan logam, *Direct Energy Deposition (DED)* menggunakan logam, dan *Inkjet Moulding (IM)* menggunakan plastik, logam, nanopartikel, keramik, dan material biologis (Dhavalikar *et al.*, 2020; Adugna *et al.*, 2021). Material yang digunakan pada industri kesehatan antara lain silikon, plastik, logam, jaringan dan sel, *acrylonitrile butadiene styrene (ABS)*, *polylactic acid (PLA)*, *carbon fiber*, bubuk, *nitinol*, *polyurethane foam*, *graphene*, titanium, *polyethylene*, dan *polyether ether ketone (PEEK)* (Haleem dan Javaid, 2020; Sun *et al.*, 2021). Setiap teknologi AM menggunakan material yang bervariasi menyesuaikan dengan kebutuhan pada industri kesehatan (Sun *et al.*, 2021). Dengan adanya variasi dari jenis teknologi dan material ini dapat membantu dunia medis dalam mengembangkan inovasi dan menghadapi revolusi industri kesehatan di masa yang akan datang (Haleem dan Javaid, 2020).

Studi literatur mengenai penerapan teknologi *Additive Manufacturing* pada industri kesehatan telah dilakukan sebelumnya. Calignano *et al.* (2019) menggunakan metode *systematic literature review* untuk menyajikan ringkasan tentang teknologi AM yang digunakan pada industri kesehatan berdasarkan ciri khas, perbedaan dari setiap teknologi AM dan potensi teknologi AM pada industri medis yang diperoleh dari berbagai studi kasus aplikatif. Studi literatur yang dilakukan oleh Calignano *et al.* (2019) hanya membahas beberapa penerapan teknologi AM yang digunakan secara singkat pada industri kesehatan antara lain *Selective Laser Sintering (SLS)* yang diterapkan untuk rekayasa jaringan organ tubuh, *Stereolithography (SLA)* yang diterapkan untuk pembuatan model atau implan dalam persiapan bedah tengkorak, katup jantung, implan berbentuk telinga, aorta dan gigi, *Fused Deposition Modelling (FDM)* yang diterapkan pada produksi

perangkat medis, *Laser Powder Bed Fusion* (L-PBF) yang diterapkan untuk pembuatan produk klinik, dan *Electron Beam Melting* (EBM) yang diterapkan pada mesin khusus biomedis untuk mencetak model medis. Haleem dan Javaid (2020) menggunakan metode *systematic literature review* untuk menganalisis 16 artikel jurnal yang berkaitan dengan beberapa jenis material yang digunakan untuk teknologi AM pada industri kesehatan. Studi literatur yang dilakukan oleh Haleem dan Javaid (2020) membahas penerapan 16 material yang digunakan pada industri kesehatan secara keseluruhan tanpa menganalisis secara mendalam bagaimana material yang paling sesuai digunakan untuk membuat model medis pada industri kesehatan. Culmone *et al.* (2019) menggunakan *systematic literature review* untuk menganalisis 71 artikel jurnal untuk meninjau penerapan teknologi AM dari aspek medis dan teknis dalam pembuatan instrumen kesehatan. Studi literatur yang dilakukan oleh Culmone *et al.* (2019) lebih banyak membahas permasalahan dibandingkan dengan kelebihan penerapan teknologi AM pada peralatan medis dari segi *properties* dan kemampuan teknologi AM dalam mencetak model medis yang tidak dapat mencetak dalam orientasi tertentu dengan sangat akurat, proses sterilisasi pada material AM, biaya pencetakan model medis yang mahal, dan halangan teknologi AM dalam mencetak model medis dengan desain yang kompleks. Ramola *et al.* (2019) menggunakan metode *systematic literature review* untuk menganalisis 70 artikel jurnal mengenai tren dari penerapan teknologi AM pada industri kesehatan dari tahun 2007 hingga pertengahan 2018. Studi literatur yang dilakukan oleh Ramola *et al.* (2019) hanya menganalisis penggunaan berbagai teknologi AM dari segi efektivitas biaya dan kelemahan penerapan teknologi AM dalam industri kesehatan.

Sasaran studi literatur ini adalah mengetahui penerapan teknologi *Additive Manufacturing* dalam pencetakan model medis dan peralatan kesehatan pada industri kesehatan. Dengan melakukan studi literatur ini dapat membandingkan bagaimana penerapan teknologi AM yang digunakan untuk mencetak model medis dan peralatan kesehatan pada industri kesehatan. Metode yang digunakan pada studi literatur ini merupakan *content analysis*. *Content analysis* merupakan metode penelitian yang meringkas dan menganalisis konten secara kualitatif mengikuti

standar metode ilmiah (Neuendorf, 2017). *Content analysis* digunakan untuk membuat kesimpulan sistematis, kredibel, valid, dan dapat direplikasi dari berbagai sumber yang diperoleh berdasarkan hasil ringkasan dan analisis (Drisko dan Maschi, 2016). Dengan menggunakan *content analysis* dapat membantu untuk menganalisis dan mengevaluasi konten secara deskriptif dari artikel jurnal yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Untuk mencapai tujuan penelitian, metode *content analysis* digunakan untuk menganalisis informasi maupun kesimpulan yang berkaitan dengan penerapan teknologi *Additive Manufacturing* pada industri kesehatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan latar belakang, rumusan masalah yang digunakan dalam studi literatur ini adalah bagaimana persamaan dan perbedaan dari pemanfaatan teknologi *Additive Manufacturing* yang digunakan untuk mencetak model medis dan peralatan kesehatan pada industri kesehatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dicapai dalam studi literatur ini adalah mengetahui persamaan dan perbedaan dari pemanfaatan teknologi *Additive Manufacturing* yang digunakan untuk mencetak model medis dan peralatan kesehatan pada industri kesehatan.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Bab I: Pendahuluan

Bab I menjelaskan latar belakang pemilihan topik studi literatur, rumusan masalah, tujuan penelitian yang ingin dicapai, dan sistematika penulisan.

Bab II: Dasar Teori

Bab II menjelaskan teori-teori yang diperoleh dari sumber-sumber berupa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian.

Dasar teori yang digunakan mengenai *Additive Manufacturing* (AM), penerapan AM pada industri kesehatan, material yang digunakan, proses pembuatan model medis dan peralatan kesehatan menggunakan teknologi AM, studi literatur terdahulu dan kerangka teoretis akan menjadi landasan untuk melakukan penelitian ini.

Bab III: Metode Penelitian

Bab III menjelaskan langkah-langkah penelitian dari awal sampai akhir, dimulai dari penentuan kriteria artikel, pencarian artikel, *screening* artikel, analisis artikel menggunakan metode *content analysis* untuk membandingkan tiga artikel jurnal *case study* yang dipilih hingga penarikan kesimpulan dan saran.

Bab IV: Pembahasan dan Diskusi

Bab IV menjelaskan hasil analisis dari kasus yang dipilih pada penelitian ini. Hasil analisis kasus digunakan sebagai dasar untuk pengambilan kesimpulan dan menjawab rumusan masalah studi literatur.

Bab V: Kesimpulan dan Saran

Bab V menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Setiap kesimpulan yang diperoleh akan menjawab rumusan masalah yang diidentifikasi dalam penelitian ini. Saran yang dibuat pada studi literatur ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi untuk studi literatur selanjutnya.