

Sinergi Perguruan Tinggi dan Praktisi dalam Pengembangan Inovasi Produk 3D Printing: Sebuah Studi Kasus di Salah satu PTN di Banten, Indonesia

Disubmit 22 April 2025, Direvisi 26 April 2025, Diterima 27 April 2025

Violetta Andean Febriyanti¹, Yusraini Muharni^{2*}, Bobby Kurniawan³, Hartono Hartono⁴

^{1,2,3}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia

⁴Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia
Email Korespondensi: *yusraini@untirta.ac.id

Abstrak

Pengembangan produk model gigi berlubang mempunyai peran penting untuk pendidikan, pelatihan, dan perencanaan perawatan gigi. Menyediakan model gigi berlubang berkualitas tinggi merupakan hambatan yang signifikan dalam kemajuan kedokteran gigi. Pengembangan teknologi pencetakan 3D adalah cara kreatif untuk mengatasi masalah ini dengan menghasilkan model gigi berlubang yang akurat lebih cepat. Sebuah studi kolaboratif telah dilakukan yang melibatkan dokter gigi dan peneliti dari Departemen Teknik Industri, di salah satu PTN di Banten, Indonesia. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus. Model gigi dibuat dengan menggunakan Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) sebagai bahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini memudahkan pembuatan prototipe model gigi berlubang yang mirip dengan struktur model yang sudah ada dan memenuhi standar seperti detail yang tepat, tampilan yang sebanding, berat standar, dan kualitas permukaan yang halus. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pencetakan 3D sebagai alternatif pembuatan model gigi berlubang memiliki potensi implementasi dan peningkatan lebih lanjut.

Kata Kunci: 3D Printing, Inovasi, Rapid Prototyping, Sinergi

PENDAHULUAN

Kesehatan gigi memegang peranan penting dalam kesejahteraan umum dan kualitas hidup seseorang. Dalam dunia kedokteran gigi, pemahaman mendalam tentang struktur dan fungsi gigi menjadi krusial dalam upaya pencegahan, diagnosis, dan perawatan penyakit gigi. Model gigi adalah replika atau representasi dari gigi manusia yang dapat membantu hal tersebut dan digunakan dalam berbagai konteks, termasuk pendidikan, penelitian, dan praktik medis.

Model gigi adalah representasi atau replika dari gigi manusia yang digunakan untuk berbagai tujuan, seperti pendidikan, penelitian, atau praktik kedokteran gigi. Model-model gigi ini dibuat agar mirip dengan gigi manusia asli dalam hal struktur, ukuran, dan tampilan. Salah satu karakteristik penting dari alat bantu ini adalah sejauh mana kemampuannya untuk menyajikan konten sesuai dengan realitas. Media model merupakan representasi tiga dimensi dimana ukurannya dapat lebih kecil, lebih besar atau sama dengan objek yang diwakilinya (Kasihani & Rikawarastuti, 2023). Model gigi dapat digunakan untuk melatih mahasiswa kedokteran gigi, dokter gigi, atau ahli prostodonsia dalam berbagai prosedur, serta untuk studi ilmiah tentang gigi dan penyakit gigi. Berikut adalah contoh model gigi yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Gigi Gypsum dan Model Gigi 3D (Sumber: Zhermack SpA, 2022)

Model-model gigi dapat terbuat dari berbagai material, termasuk plastik, akrilik, resin, atau porselen, tergantung pada tujuan penggunaannya. Model gigi berperan penting dalam membantu mahasiswa kedokteran gigi agar lebih memahami anatomi gigi, meningkatkan keterampilan praktis, dan merencanakan perawatan gigi dengan lebih efisien. Adanya model gigi sebagai alat bantu latihan keterampilan praktis juga dapat mengurangi risiko terhadap pasien seperti saat percobaan secara langsung. Selain itu, model gigi ini juga berfungsi untuk melatih keterampilan dalam memperbaiki gigi sesuai dengan anatomi, serta menjadi tempat untuk mencoba berbagai material atau alat restorasi untuk perbaikan gigi.

Pemenuhan kebutuhan akan model gigi berkualitas tinggi untuk keperluan pelatihan, demonstrasi, serta penelitian menjadi tantangan utama dalam perkembangan ilmu kedokteran gigi. Dalam upaya menjawab tantangan tersebut, teknologi *3D printing* menjadi solusi inovatif untuk pembuatan model gigi berlubang yang presisi dengan proses yang lebih cepat.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang diangkat adalah bagaimana menghasilkan produk model gigi berlubang untuk media pembelajaran, penelitian, dan praktik klinis menggunakan Teknologi *3D Printing Fused Deposition Modelling (FDM)* dengan bahan berupa *Acetonitrile Butadiene Styrene (ABS)*. Tujuan yang akan dicapai dalam upaya pemecahan masalah yaitu, pertama merancang dan membuat prototipe model gigi berlubang dengan teknologi 3D Printing, selain itu pengetahuan dari praktisi diperlukan untuk mendapatkan kriteria prototipe model gigi berlubang yang presisi dan sesuai untuk praktek pembelajaran menambal gigi, dan terakhir mengetahui hasil prototipe model gigi berlubang menggunakan filamen *Acetonitrile Butadiene Styrene (ABS)*.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus. Sebelum mendapatkan data digital dari model fisik yang ada, terdapat beberapa alat bantu untuk mengembangkan produk 3D yaitu tripod, kamera, dan scanner. Dalam proses pembuatannya, 3D Printer menggunakan bahan-bahan dasar yang biasa disebut filamen. Untuk mencetak objek tiga dimensi dalam 3D

Printing, terdapat berbagai filamen yang masing-masing memiliki karakteristik unik. Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) merupakan bahan yang paling umum digunakan dalam mesin pencetak 3D. Bahan ini sering digunakan dalam pembuatan blok lego. Meskipun mudah untuk dicetak, ABS memiliki kecenderungan untuk menyusut selama pendinginan, yang dapat memengaruhi hasil cetakan. Meskipun relatif aman, ABS dapat menghasilkan aroma plastik ketika dipanaskan. ABS adalah jenis thermoplastic, yang berarti bahwa ia akan menjadi lunak dan dapat dibentuk saat dipanaskan pada suhu tertentu, tetapi akan menjadi keras saat didinginkan. Kekuatan tahan panas dan cuaca yang baik menjadikannya pilihan yang populer untuk komponen yang digunakan dalam dunia nyata.



Gambar 2. Mesin 3D Printer UP BOX+

Gambar 2 menunjukkan mesin yang digunakan dalam mengembangkan produk 3D Printing model gigi berlubang adalah mesin printer 3D desktop yang diproduksi oleh Tiertime Corporation dengan teknologi cetak berupa Fused Deposition Modeling (FDM), dimana filamen ABS+ dilelehkan dan disusun secara lapis demi lapis untuk membentuk objek 3D. Area cetak yang dimiliki UP BOX+ adalah sekitar 255mm x 205mm x 205mm (Panjang x Lebar x Tinggi), sehingga memberikan cukup ruang untuk mencetak objek berukuran kecil hingga besar. UP BOX+ juga dilengkapi dengan perangkat lunak bernama UP Studio sebagai software bagi pengguna untuk mempersiapkan dan mengatur cetakan, serta menyediakan berbagai fitur tambahan seperti mendesain objek 3D.

Delphi Method

Teknik Delphi adalah sebuah prosedur yang melibatkan pengumpulan opini dari panel ahli mengenai suatu isu yang relevan, merangkum dan menyajikan tanggapan kolektif mereka, serta mengulangi proses ini untuk beberapa putaran tertentu. Metode terstruktur untuk mengembangkan konsensus di antara anggota panel menggunakan metodologi Delphi telah diakui di berbagai bidang kedokteran.

Teknik Delphi sering digunakan dalam penelitian di bidang kesehatan. Metode ini diterapkan untuk mengidentifikasi prioritas, mencapai konsensus mengenai isu-isu penting, dan menetapkan pedoman klinis. Pengembangan model cetak gigi berlubang mengadopsi metode delphi yang dimodifikasi dengan melakukan dua putaran, dimana putaran pertama menggunakan diskusi dan tinjauan literatur untuk mengidentifikasi item awal dan dilanjutkan dengan putaran kedua yaitu meminta para ahli untuk memberikan penilaian terhadap item-item kriteria menggunakan skala likert. Morris (2016) menyatakan, bahwa para ahli adalah bagian penting dan merupakan para profesional berpengalaman yang dapat memberikan pandangan atau pendapat ahli mengenai berbagai isu dalam bidang mereka. Oleh karena itu, melalui metode ini memungkinkan pengumpulan data yang objektif dan komprehensif mengenai kualitas dan efektivitas model.

Teknik Delphi sering digunakan sebagai alat peramalan untuk memprediksi perkembangan tertentu, membangun konsensus mengenai masalah klinis, serta mengembangkan, mendeskripsikan, dan mengevaluasi pedoman atau alat klinis. Meskipun penerapannya beragam, konsensus tetap menjadi tema sentral, dan Delphi dikenal sebagai metode penelitian kelompok konsensus. Teknik kelompok konsensus melibatkan pengumpulan pandangan dari sekelompok ahli dengan tujuan menghasilkan konsensus dan kesepakatan (Schifan & Niederberger, 2025).

Pengembangan produk 3D Printing model gigi berlubang dilakukan di Laboratorium Sistem Produksi. Laboratorium Sistem Produksi ini merupakan salah satu laboratorium yang berada di lingkungan fakultas teknik, tepatnya di jurusan teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Laboratorium ini mengembangkan keilmuan teknik industri dalam bidang produksi, perancangan dan pengembangan produk, proses manufaktur, dan sebagainya. Di dalam laboratorium ini, tersedia fasilitas 3D printing yang dapat digunakan untuk mendukung kelancaran penelitian ini. Pengembangan produk dilakukan pada periode Februari hingga Mei 2024.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pencetakan 3D adalah metode untuk membangun objek tiga dimensi berdasarkan model Computer-Aided Design (CAD). Biasanya, objek dibangun dengan menambahkan lapisan demi lapisan secara berurutan, sehingga disebut juga sebagai manufaktur aditif (Gu *et al.*, 2020). Pencetakan 3D memiliki manfaat dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran praktik, dimana hal itu akan menjadi lebih realistis dan relevan sebagai media pembelajaran (Kasihani dan Rikawarastuti, 2023). Istilah "pencetakan 3D" mencakup beragam proses di mana bahan digabungkan atau disatukan di bawah kendali komputer untuk menciptakan objek

tiga dimensi dengan waktu yang singkat (Aminudin & Aritonang, 2021). Salah satu keunggulan utama pencetakan 3D adalah kemampuan untuk membuat bentuk dan geometri yang sangat kompleks, dengan salah satu persyaratan utama adalah memiliki model 3D digital atau file CAD untuk mencetak objek tersebut (Gu *et al.*, 2020). Teknologi layer manufacturing ini diimplementasikan pada mesin 3D Printer. Mesin tersebut dapat mencetak bentuk fisik dari sebuah desain produk 2 dimensi menjadi 3 dimensi. Mesin ini juga dapat menghasilkan sebuah produk custom hanya dengan waktu yang singkat (Cahyati & Mulianto, 2019). Gambar 3 merupakan gambar 3D Printer UP BOX+.



Gambar 3. Bentuk Fisik Model Gigi Berlubang

Gambar 3 menunjukkan sebuah model gigi geraham (molar) berlubang bagian bawah orang dewasa yang digunakan sebagai objek dalam penelitian ini. Model ini memiliki struktur yang detail, termasuk bentuk dan kontur permukaan gigi serta lubang pada salah satu giginya. Model ini terbuat dari bahan resin dengan bantuan katalis guna mempercepat proses pengeringannya. Proses pencetakan model tersebut dilakukan secara konvensional dan membutuhkan waktu tiga hingga empat jam sampai model terbentuk dengan sempurna.

Model gigi geraham (molar) berlubang bagian bawah orang dewasa tersebut dipilih menjadi objek penelitian karena gigi ini sering mengalami karies (gigi berlubang) dan merupakan salah satu jenis gigi yang sering digunakan dalam pendidikan dan pelatihan kedokteran gigi untuk mensimulasikan berbagai prosedur perawatan. Penggunaan model gigi berlubang sebagai objek penelitian diharapkan untuk dapat berkontribusi pada pengembangan metode baru dalam pembuatan model gigi yang lebih efisien dan efektif.

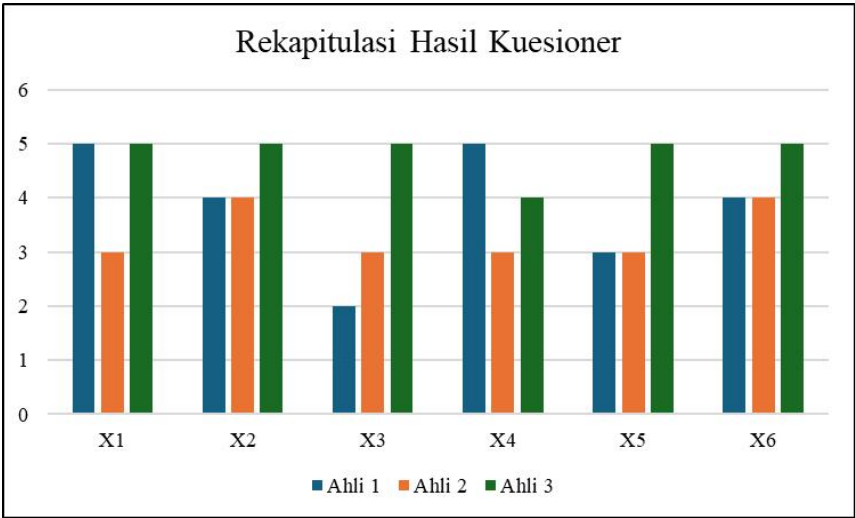
Dalam upaya mengembangkan model gigi berlubang yang efektif untuk pendidikan dan pelatihan kedokteran gigi, penting untuk dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap model yang dihasilkan. Evaluasi model gigi berlubang cetak 3D dilakukan menggunakan pendekatan kualitatif dengan Modified Delphi Method dan pendekatan kuantitatif dengan tendensi sentral.

Evaluasi model gigi berlubang cetak 3D dilakukan dengan meminta pendapat dari para ahli yaitu dokter gigi dengan memberikan sebuah kuesioner dengan skala likert. Kuesioner berisikan pertanyaan dengan enam kriteria yang harus diisi menggunakan skala 1 “Sangat Tidak Memenuhi” hingga skala 5 “Sangat Memenuhi. Diharapkan evaluasi yang didapatkan dapat bersifat objektif dan komprehensif mengenai kualitas dan efektivitas model. Tabel 1 menampilkan rekapitulasi hasil kuesioner yang telah dilakukan.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Kuesioner

Kriteria	Ahli 1	Ahli 2	Ahli 3
Detail Presisi	5	3	5
Tampilan Serupa	4	4	5
Warna	2	3	5
Berat Standar	5	3	4
Bahan	3	3	5
Kualitas Permukaan	4	4	5

Rekapitulasi tersebut dapat digambarkan ke dalam diagram pada Gambar 4, dimana setiap kriterianya diwakili oleh notasi X1 hingga X6 berurutan sesuai dengan poin diatas. Diagram tersebut adalah salah satu cara paling sederhana untuk menampilkan distribusi data.



Gambar 4. Diagram Batang Rekapitulasi Hasil Kuesioner

Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan pendekatan kuantitatif yaitu tendensi sentral. Data yang diambil yaitu nilai median dengan mempertimbangkan modus sebagai bentuk analisis sekunder. Median adalah nilai tengah dalam suatu kumpulan data dan diharapkan dapat mewakili suara responden yang ada dengan memberikan gambaran yang lebih akurat tentang pendapat tengah dibandingkan mean, sedangkan modus adalah nilai yang paling sering muncul dalam suatu kumpulan data yang dinilai dapat memahami preferensi atau pendapat yang dominan.

Tabel 2. Hasil Tendensi Sentral

Kriteria	Ahli 1	Ahli 2	Ahli 3	Modus	Median
Detail Presisi	5	3	5	5	5
Tampilan Serupa	4	4	5	4	4
Warna	2	3	5	-	3
Berat Standar	5	3	4	-	4
Bahan	3	3	5	3	3
Kualitas Permukaan	4	4	5	4	4

Setelah diketahui nilai median dan modus dari data tersebut, maka tahap selanjutnya ialah mengkategorikan setiap kriteria dengan keterangan poin. Setiap poinnya mewakili kategori yang berbeda-beda. Poin skala likert dinamakan kategori atau tingkat (response categories or levels) ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori atau Tingkat Respons

Poin	Kategori
1	Sangat Tidak Memenuhi
2	Tidak Memenuhi
3	Cukup Memenuhi
4	Memenuhi
5	Sangat Memenuhi

Berdasarkan pengkategorian diatas maka didapatkan kesimpulan untuk setiap kriteria yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori Hasil Kuesioner

Kriteria	Median	Kategori
Detail Presisi	5	Sangat Memenuhi
Tampilan Serupa	4	Memenuhi
Warna	3	Cukup Memenuhi
Berat Standar	4	Memenuhi
Bahan	3	Cukup Memenuhi
Kualitas Permukaan	4	Memenuhi

Berdasarkan kategori hasil kuesioner terlihat bahwa penilaian dengan enam kriteria di atas mendapatkan hasil yang memuaskan dengan rentang kategori “Cukup Memenuhi” hingga “Sangat Memenuhi”. Model gigi berlubang cetak 3D memiliki detail presisi sesuai dengan bentuk model yang telah ada, dibuktikan dengan penilaian ahli 1 dan ahli 3 yang memberikan poin 5, sedangkan untuk ahli 2 memberikan poin 3. Tiga kriteria lain seperti tampilan serupa, berat standar, dan kualitas permukaan mendapatkan poin 4 dengan kategori memenuhi.

Menurut pendapat para ahli, warna yang ada pada model gigi berlubang cetak 3D masih memiliki perbedaan dengan standar gigi asli karena warna yang dihasilkan terlalu putih dan kurang menggambarkan gigi asli manusia pada umumnya. Para ahli menyarankan, untuk warna model cetak 3D ini dapat disesuaikan dengan warna gigi asli agar membantu dalam

proses pembelajaran, penelitian, atau praktik klinis yang ada. Oleh karena itu, pemilihan warna filamen dirasa menjadi kekurangan dari penggunaan pencetakan 3D ini.

Kriteria bahan juga termasuk kedalam kategori cukup memenuhi karena dirasa belum adanya uji coba langsung terkait penggunaan alat-alat medis seperti bor untuk gigi. Para ahli menginginkan adanya uji coba bor gigi terhadap model gigi berlubang cetak 3D untuk membuktikan apakah model tersebut dapat dijadikan sebagai media pembelajaran langsung di dalam kedokteran gigi. Dengan demikian, penting untuk dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap model.

KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa teknologi ini memudahkan pembuatan prototipe model gigi berlubang yang mirip dengan struktur model yang sudah ada dan memenuhi standar seperti detail yang tepat, tampilan yang sebanding, berat standar, dan kualitas permukaan yang halus. Sinergi antara akademisi dan praktisi dapat menghasilkan produk inovasi yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang kami sampaikan kepada Drg. Afrijal dari klinik gigi Pratama Krakatau Medika Cilegon, serta para dokter gigi dari beberapa klinik yang telah bersedia bekerjasama dalam mewujudkan produk ini. Selain itu kami juga berterima kasih sivitas akademika Untirta yang telah membantu pelaksanaan kegiatan Pengabdian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, I. R., & Aritonang, S. (2021). Teknik Rekayasa Terbalik Dengan Aplikasi Compute-Aided Design Model Computer-Aided Engineering. *Jurnal Teknologi Daya Gerak*, 4(2), 56-65.
- Cahyati, S., & Muliando, D. P. (2019). Redesain Meja Cetakan Mesin 3D Printer Berbasis Fused Deposition Modelling. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 12(2), 99–102. <https://doi.org/10.24843/jem.2019.v12.i02.p09>
- Gu, Z., Fu, J., Lin, H., & He, Y. (2020). Development of 3D bioprinting: From printing methods to biomedical applications. *Asian journal of pharmaceutical sciences*, 15(5), 529-557.
- Kasihani, N. N., & Rikawarastuti, R. (2023). Study of 3D printing model in dental health education preclinic practices: narrative review. *JDHT Journal of Dental Hygiene and Therapy*, 4(1), 88-96.
- Morris, J. W. (2016). *A delphi study: Expert recommendations on utilizing rapid prototyping to meet common core standards* (Doctoral dissertation, Capella University).
- Schifano, J., & Niederberger, M. (2025). How Delphi studies in the health sciences find consensus: a scoping review. *Systematic Reviews*, 14(1). AIP Publishing..

<https://doi.org/10.1063/5.0102802>

- Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2023). Enhancing Mathematical Literacy Ability through Guided Inquiry Learning with Augmented Reality. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(1), 43-50.
- Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2024). The Effectiveness of Using Augmented Reality on the Geometry Thinking Ability of Junior High School Students. *Procedia Computer Science*, 234, 1738-1745.
- Pujiastuti, H., Hidayat, S., Hendrayana, A., & Haryadi, R. (2024). Creation of Mathematics Learning Media Based on Augmented Reality to Enhance Geometry Teaching and Learning. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 482, p. 05012). EDP Sciences.
- Rubio, M. P., Vergara, D., Rodríguez, S., & Extremera, J. (2019). Virtual reality learning environments in materials engineering: Rockwell hardness test. In *Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning, 8th International Conference 8* (pp. 106-113). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98872-6_13
- Su, C. H., & Cheng, T. W. (2019). A sustainability innovation experiential learning model for virtual reality chemistry laboratory: An empirical study with PLS-SEM and IPMA. *Sustainability*, 11(4), 1027. <https://doi.org/10.3390/su11041027>
- Syahid, M. A. A., Maddeppungeng, A., Bethary, R. T., Budiman, A., & Abdurrohim, A. (2024). Pendampingan Adaptasi (Adaptive Reuse) Bangunan Cagar Budaya Masjid Caringin Pandeglang, Banten. *Civil Engineering for Community Development (CECD)*, 3(1), 49-58.
- Yeh, Y. L., Lan, Y. J., & Lin, Y. T. R. (2018). Gender-related differences in collaborative learning in a 3D virtual reality environment by elementary school students. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(4), 204-216.
- Zhao, J., LaFemina, P., Carr, J., Sajjadi, P., Wallgrün, J. O., & Klippel, A. (2020, March). Learning in the field: Comparison of desktop, immersive virtual reality, and actual field trips for place-based STEM education. In *2020 IEEE conference on virtual reality and 3D user interfaces (VR)* (pp. 893-902). IEEE. <https://doi.org/10.1109/VR46266.2020.1581091793502>