

PERBANDINGAN EKSPLORASI MOTIF FILAMEN PLA DENGAN TEKNIK 3D PRINTER DAN 3D PEN

Arnold Maximillian¹, Lisa Levina Krisanti Jonatan²

^{1,2}Program Studi Desain Interior, Fakultas Seni Rupa dan Desain, Universitas Kristen Maranatha
Jalan Prof. drg. Suria Sumantri, no 65, Bandung, Indonesia

e-mail: arnold.maximillian@art.maranatha.edu¹, lisa.lkj@art.maranatha.edu²

Received : Maret, 2024

Accepted : Maret, 2024

Published : April, 2024

ABSTRACT

PLA filament is a raw material for 3D printing technology which has the potential to be developed into design products. In making design products, a planer is needed that is formed from exploring a series of PLA filament motifs. The way to make PLA filament motifs is to use a 3D printer and 3D pen technique. These two techniques are applications of 3D printing technology which both display creativity but with different characters. 3D printers have a structured work system with the help of digital modeling tools, while 3D pens have a work system that relies entirely on manual hand capabilities. This research aims to compare the characteristics of the exploration results of PLA filament motifs using 3D printing technology as a basis for making product designs. Researchers used qualitative comparative methods to analyze the results of exploration and comparison of processed PLA filament motifs. Exploring PLA filament motifs using a 3D printer technique will produce structured filament motif characters, while the 3D pen technique will produce abstract motifs. From the comparison between these two PLA filament motif exploration results, it can be seen that each exploration technique has a different creative approach.

Keywords: Exploration, PLA Filament Motif, 3D Printer, 3D Pen, Creativity

ABSTRAK

Filamen PLA merupakan bahan baku teknologi 3D printing yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi produk desain. Dalam pembuatan produk desain tersebut diperlukan suatu bidang yang dibentuk dari eksplorasi rangkaian motif filamen PLA. Adapun cara untuk membuat motif filamen PLA adalah menggunakan teknik 3D printer dan 3D pen. Kedua teknik ini merupakan aplikasi dari teknologi 3D printing yang sama-sama menampilkan kreativitas namun dengan karakter berbeda. 3D printer memiliki sistem kerja terstruktur dengan bantuan alat pemodelan digital, sedangkan 3D pen memiliki sistem kerja yang sepenuhnya mengandalkan kemampuan manual tangan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat perbandingan karakteristik hasil eksplorasi motif filamen PLA dengan menggunakan teknologi 3D printing sebagai dasar pembuatan produk desain. Peneliti menggunakan metode kualitatif komparatif untuk menganalisa hasil eksplorasi dan komparasi terhadap hasil olahan motif filamen PLA. Eksplorasi motif filamen PLA menggunakan teknik 3D printer akan menghasilkan karakter motif filamen yang terstruktur, sedangkan teknik 3D pen akan menghasilkan motif yang bersifat abstrak. Dari perbandingan antara kedua hasil eksplorasi motif filamen PLA ini, dapat dilihat bahwa setiap teknik eksplorasi memiliki pendekatan kreativitas yang berbeda.

Kata Kunci: Eksplorasi, Motif Filamen PLA, 3D Printer, 3D Pen, Kreativitas

1. PENDAHULUAN

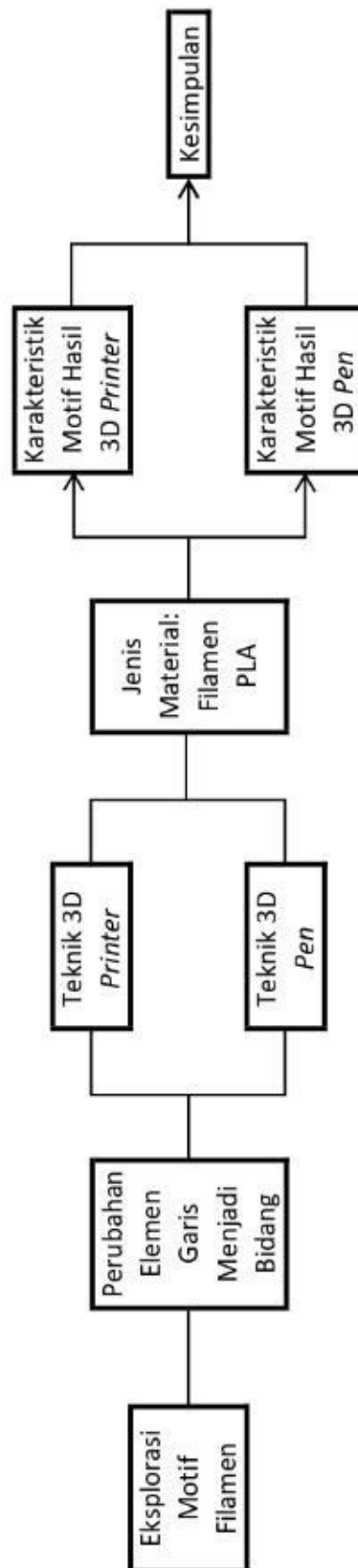
Perkembangan teknologi menghasilkan berbagai jenis thermoplastik, salah satunya adalah Asam Polylactic (PLA), yang biasa digunakan sebagai bahan dasar membuat filamen. Jenis polimer ini memiliki karakter: (1) bersifat *biodegradable* atau mudah mengurai; (2) mudah dibentuk, karena proses pengolahannya hanya membutuhkan suhu berkisar 190-220°C; dan (3) memiliki harga jual yang cukup ekonomis. Namun jenis filamen ini memiliki kekurangan pada sifat higroskopis yang mudah menyerap kelembapan udara, sehingga menyebabkan efek plastisasi. Efek ini merupakan perubahan sifat kekakuan yang menyebabkan polimer menjadi mudah terdeformasi [1]. Karakteristik ini mendorong industri 3D *printing* untuk menggunakan material filamen PLA sebagai bahan dasar untuk membuat objek tiga dimensi.

Teknologi 3D *printing* ini merupakan teknologi manufaktur digital untuk membuat kustomisasi berbagai objek tiga dimensi yang dapat menyesuaikan kebutuhan industri [2]. Selain itu teknologi ini juga dirancang sebagai sistem pendukung dalam kolaborasi antara mesin dengan manusia [3]. Penggunaan teknologi 3D *printing* untuk mengolah filamen PLA dapat dilakukan dengan teknik dua teknik, yaitu 3D *printer* dan 3D *pen*. Kedua teknik ini merupakan aplikasi dari teknologi manufaktur *printing* digital yang berkerja atas dasar kreativitas namun memiliki karakter yang berbeda. Teknik 3D *printer* memiliki sistem kerja yang terstruktur dengan menggunakan bantuan alat pemodelan digital. Sedangkan teknik 3D *pen* memiliki sistem kerja yang sepenuhnya mengandalkan kemampuan manual, yaitu keterampilan tangan atau *handiwork* [4].

Awal proses pembentukan filamen PLA menjadi produk desain, adalah dengan cara mengubah batang filamen menjadi rangkaian motif yang mengisi dan membatasi ruang sehingga menjadi bentuk bidang datar. Pembuatan motif filamen PLA ini akan memanfaatkan sistem kerja 3D *printing* yang mengekstrusi filamen PLA sesuai dengan arah dan pergerakan *nozzle* [5]. Perbedaan sistem kerja antara kedua teknik eksplorasi akan menghasilkan karakter motif filamen PLA yang berbeda pula. Adanya perbedaan ini mendorong peneliti untuk melakukan analisa terhadap hasil eksplorasi yang diperoleh dari penggunaan dua teknik tersebut, sekaligus melakukan perbandingan terhadap keduanya. Perbandingan olahan motif ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik motif filamen PLA yang dihasilkan dari penggunaan dua teknik berbeda sebagai dasar untuk membuat produk desain. Dari perbandingan ini juga dapat dilihat bahwa setiap teknik eksplorasi memiliki pendekatan kreativitas yang berbeda.

2. METODE PENELITIAN

Untuk dapat mencapai tujuan penelitian ini, maka peneliti menggunakan metode kualitatif komparatif yang membandingkan dua variabel [6] dari hasil eksplorasi motif filamen PLA dengan menggunakan teknik 3D *printer* dan 3D *pen*. Adapun pengumpulan data yang dilakukan antara lain: (1) studi literatur; (2) eksplorasi; (3) eksperimen; dan (4) komparasi. Eksplorasi merupakan pendekatan yang dilakukan peneliti untuk menggali ide, gagasan, dan teknik pengolahan [7]. Pada tahap eksperimen, peneliti melakukan percobaan langsung dengan menggunakan beberapa teknik pengolahan [8] berdasarkan eksplorasi yang dilakukan. Peneliti melakukan studi literatur untuk mencari referensi mengenai karakteristik filamen PLA serta penggunaan teknologi 3D *printing* dalam membuat objek tiga dimensi berdasarkan penelitian terdahulu. Dari studi literatur tersebut, peneliti dapat mengetahui perbedaan pengaplikasian teknologi 3D *printing* dengan teknik 3D *printer* dan 3D *pen*. Adanya perbedaan teknik ini mendorong peneliti untuk melakukan eksplorasi ide bentuk motif filamen PLA. Selanjutnya peneliti melakukan eksperimen langsung yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik hasil eksplorasi motif menggunakan teknik 3D *printer* dan 3D *pen*. Dari karakteristik tersebut, peneliti dapat melakukan analisa persamaan dan perbedaan dari hasil keduanya. Selain mengetahui karakteristik dari hasil eksplorasi motif filamen PLA dengan menggunakan dua teknik eksperimen berbeda, peneliti juga dapat mendalami sistematika kerja teknologi hibrida.



Gambar 1. Alur Pemikiran Penelitian
[Sumber: Peneliti, 2024]

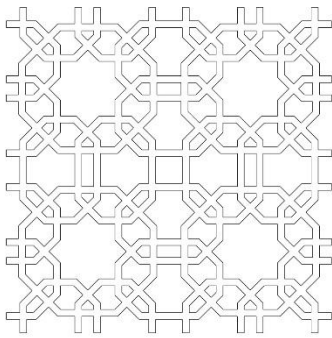
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan

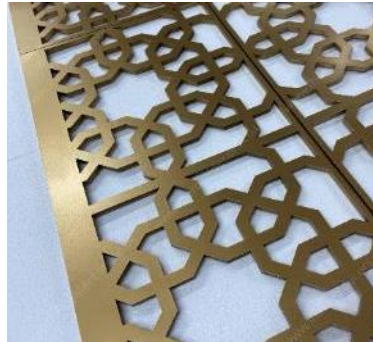
Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan eksplorasi dan eksperimen terhadap material filamen PLA menjadi rangkaian motif bidang datar dengan menggunakan teknik 3D *printer* dan 3D *pen*. Agar dapat melakukan eksplorasi dan eksperimen tersebut, maka peneliti membutuhkan seperangkat material dan peralatan yang bertujuan untuk memperoleh motif filamen PLA yang diinginkan. Adapun spesifikasi teknis yang digunakan oleh peneliti dalam melakukan eksplorasi tersebut, antara lain: (1) dimensi bidang motif berukuran 7,5 x 7,5 cm; (2) bahan material filamen PLA+ Sunlu Ø 1,75 mm; (3) Software: Trimble SketchUp dan UltiMaker-Cura; (5) 3D *printer*: Creality Ender-5 Plus; dan (6) 3D *pen*: RoHS 3DPen-2. Pemilihan spesifikasi teknis ini dilakukan atas dasar pertimbangan efisiensi dan efektivitas pengerjaan.

Eksplorasi Ide dan Gagasan

Peneliti melakukan eksplorasi motif filamen PLA dengan cara menggali ide awal dari bentukan motif geometrik dan organik yang terdapat pada elemen dekorasi ruang. Pemilihan jenis motif ini bertujuan untuk menampilkan perbedaan karakter bentuk yang kontras diantara keduanya. Gambar 2 merupakan motif khas Maroko yang memiliki karakter bentuk geometrik. Bentuk motif ini sangat kontras bila dibandingkan gambar 3, yang merupakan motif dengan karakter bentuk organik. Kedua motif ini akan digunakan sebagai acuan bentuk untuk melakukan eksplorasi filamen PLA dengan teknik 3D *printer* dan 3D *pen*. Selain itu, sifat kontras juga dapat memperlihatkan kesesuaian antara karakteristik bentuk motif dan teknik eksplorasi yang digunakan.



Gambar 2. Bentuk Motif Geometrik
[Sumber: Dokumentasi Mamoon, 2022; peneliti, 2024]

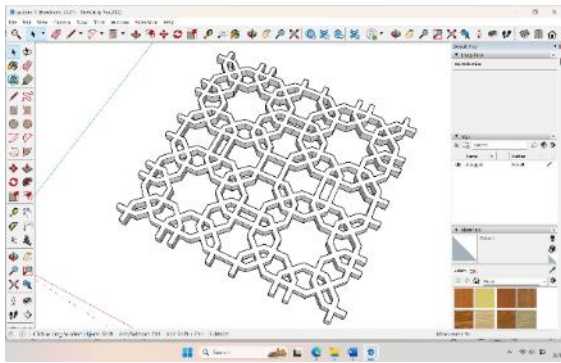


Gambar 3. Bentuk Motif Organik
[sumber: Dokumentasi Turner, 2022]

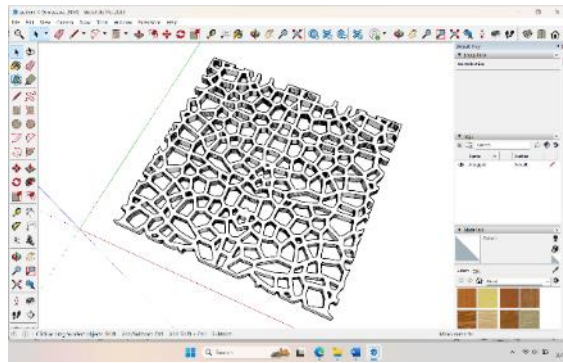
Kedua gambar di atas merupakan elemen dekoratif ruang yang memiliki perbedaan, antara lain: (1) karakter bentuk; (2) tingkat presisi; (3) cara pembuatan; dan (4) sifat produksi. Motif pada gambar 2 dibentuk dari repetisi modular model tiga dimensi yang disusun dalam pola sistematis, presisi, dan teratur. Karakter motif ini dapat diperoleh dengan cara memanfaatkan sistem kerja teknologi manufaktur, yang memungkinkan bentuk motif tersebut dapat produksi secara massal (*mass production*). Sedangkan motif pada gambar 3 dibentuk sepenuhnya mengandalkan kemampuan manual tangan (*handiwork*). Sifat *handiwork* akan menghasilkan bentuk motif yang memiliki sifat acak dan tidak beraturan. Bentuk motif yang dihasilkan juga bersifat otentik karena tidak akan ada bentuk yang persis antara motif satu dengan motif lainnya.

Eksperimen Motif Filamen PLA Dengan Teknik 3D *Printer*

Eksperimen motif filamen PLA menggunakan teknik 3D *printer* membutuhkan perangkat bantu untuk membuat model digital tiga dimensi yang dilakukan dengan cara memanfaatkan bantuan teknologi *computer aided design* (CAD). Teknologi ini biasa digunakan untuk membuat visualisasi dari kreasi motif dalam bentuk *solid modeling*, tujuannya agar dapat menampilkan bentuk utuh dari komponen model digital tersebut [9]. Berkembangnya *software modeling* digital, menyebabkan orang mampu menciptakan, menggambar ulang (*tracing*), atau digitalisasi terhadap berbagai motif, baik motif geometrik, organik, maupun abstrak sekalipun.



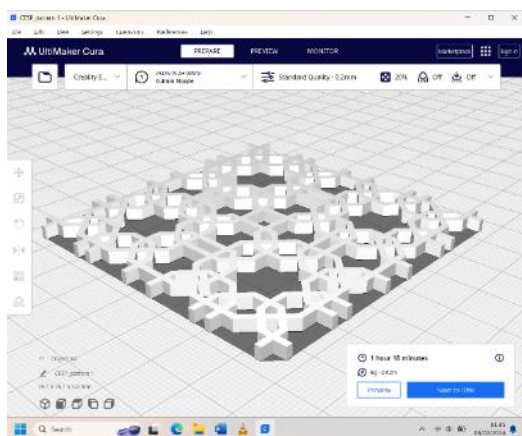
Gambar 4. Motif Digital Geometrik
[sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]



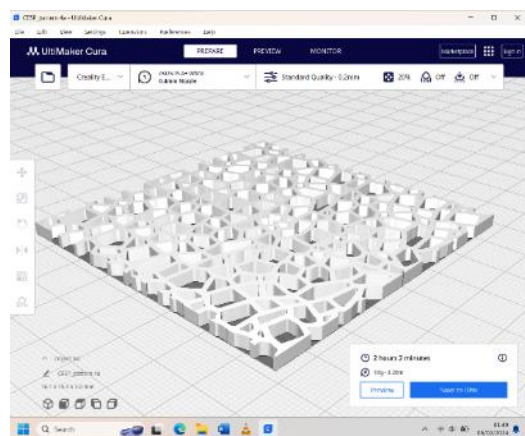
Gambar 5. Motif Digital Organik
[sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

Gambar 4 dan 5 merupakan contoh bentuk motif hasil produksi *software modeling* digital yang terdapat pada *warehouse* tiga dimensi. Model motif digital pada kedua gambar di atas diperoleh dengan menggunakan jenis *software* Trimble SketchUp. Teknologi *computer aided design* (CAD) memiliki pedoman koordinat mengikuti sumbu *cartesian* (X, Y, dan Z), sehingga menghasilkan struktur bentuk model digital tiga dimensi yang jelas dan teratur. Kreativitas eksplorasi motif dilakukan dengan bantuan perangkat (*tools*) yang terdapat pada *software modeling* digital. Hal ini dianggap sebagai pengganti proses sketsa manual yang biasa dilakukan dengan menggunakan tangan [10]. Dalam teknik *3D printing*, proses kreasi sepenuhnya dilakukan pada tahap pembentukan model tiga dimensi. Ide dan gagasan awal yang semula bersifat imajiner diwujudkan dalam bentuk tiga dimensi digital, sebagai tampilan awal dari rencana motif filamen yang ingin dihasilkan. Wujud tiga dimensi digital ini digunakan sebagai panduan atau *template* untuk melakukan proses mencetak dengan menggunakan *3D printer*.

3D printer merupakan alat bantu manufaktur digital atau *computer aided manufacture* (CAM) yang digunakan untuk membuat objek tiga dimensi dari filamen dengan cara menambahkan lapisan demi lapisan. Alat ini juga memiliki sistem kerja yang mengikuti arah gerakan sumbu *cartesian* (X, Y, dan Z) [11] [12]. Alat bantu manufaktur digital memiliki sistem kerja yang serupa dengan *software modeling* digital, sehingga motif hasil kreasi digital dapat dicetak menjadi wujud fisik tiga dimensi. Untuk melakukan proses pencetakan, maka butuh dilakukan *slicing* terhadap model motif digital tiga dimensi dengan menggunakan *software 3D printer*. *Slicing* merupakan proses menterjemahkan bentuk digital tiga dimensi menjadi bahasa perintah fabrikasi pada *3D printer* [13] [11].



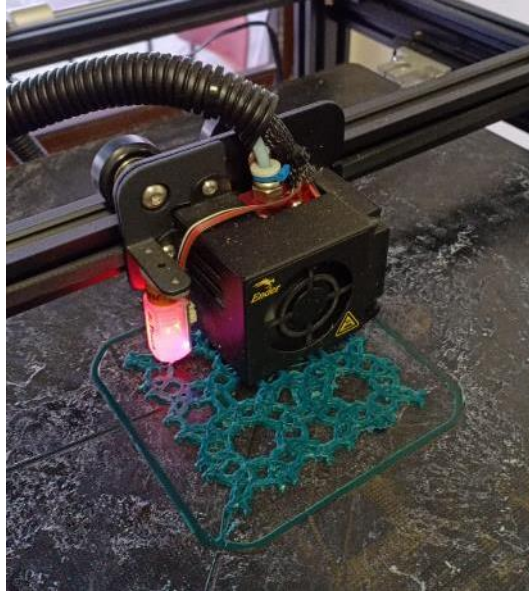
Gambar 6. *Slicing* Motif Digital Geometrik
[sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]



Gambar 7. *Slicing* Motif Digital Organik
[sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

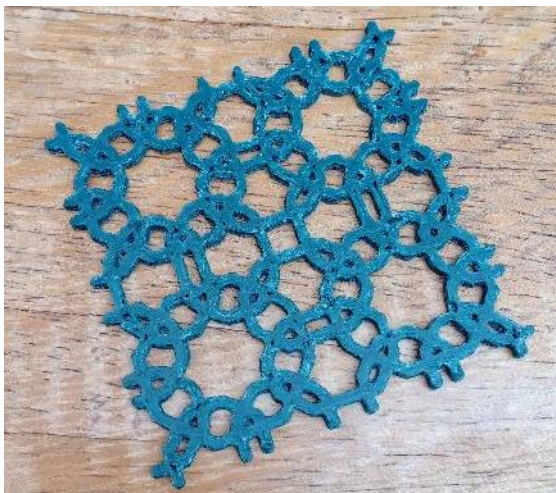
Pada tahap ini, peneliti menggunakan bantuan *software* UltiMaker-Cura untuk melakukan *slicing*. *Software* ini juga digunakan untuk melakukan pengaturan filamen, lebar dan suhu *nozzle*. Segala pengaturan ini berpengaruh pada kualitas hasil luaran dan waktu mencetak yang dibutuhkan. *Slicing* dilakukan terhadap model motif digital geometrik (gambar 6) ukuran bidang 7,5 x 7,5 cm, tebal 3 mm,

dengan menggunakan pengaturan kualitas hasil standar. Dari proses *slicing* ini diperoleh estimasi waktu pencetakan selama 1 jam dan 18 menit. Sedangkan dari proses *slicing* terhadap model motif digital organik (gambar 7) dengan ukuran bidang dan pengaturan kualitas yang sama, dapat diperoleh estimasi waktu pencetakan selama 2 jam dan 2 menit. Perbedaan waktu ini terjadi akibat perbedaan bentuk diantara kedua jenis motif tersebut.

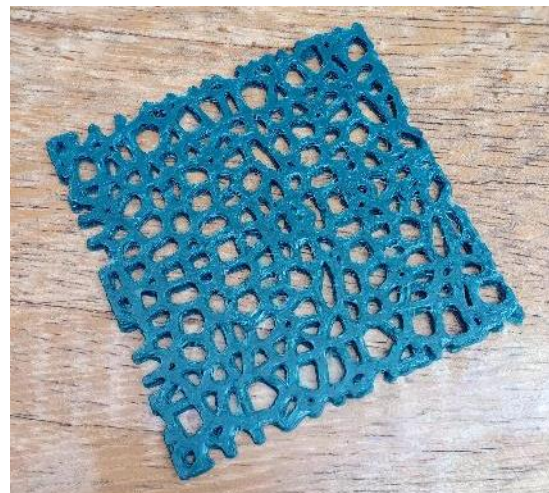


Gambar 8. Proses Mencetak Motif Filamen PLA Dengan Teknik 3D Printer
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

Gambar 8 merupakan proses mencetak motif filamen PLA dengan menggunakan teknik 3D *printing*. Tahap ini berjalan dengan otomatis mengikuti hasil *slicing* terhadap model motif digital. Lelehan filamen PLA keluar dalam bentuk lapisan demi lapisan melalui kepala *nozzle* yang bergerak dengan mengikuti bentukan model motif digital. Selain itu waktu yang dibutuhkan untuk membuat kedua eksplorasi motif filamen tersebut juga sesuai dengan estimasi waktu yang dilakukan oleh *software* UltiMaker-Cura. Kendala yang terjadi pada tahap ini adalah kemunculan benang-benang berlebih (*stringing*) pada hasil pencetakan. Benang-benang halus (*stringing*) adalah sisa plastik yang muncul dari *nozzle* ketika kepala 3D *printer* berpindah posisi [12]. Hal ini dapat diatasi dengan cara merapihkannya menggunakan alat bantu seperti pisau potong (*cutter*) dan ampelas halus.



Gambar 9. Hasil Cetak Motif Filamen Geometrik
Dengan Teknik 3D Printer
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]



Gambar 10. Hasil Cetak Motif Filamen Organik
Dengan Teknik 3D Printer
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

Pada gambar 9 dan 10, nampak hasil proses mencetak motif digital tiga dimensi dengan menggunakan teknik 3D *printer* (gambar 8). Dari perbandingan antara gambar 4, 6 dan 9 serta gambar 5, 7, dan 10, dapat dilihat bahwa, wujud fisik motif filamen PLA hasil proses mencetak sama persis dengan model digital yang dibuat menggunakan *software modeling* digital. Wujud hasil pencetakan filamen PLA memiliki bentuk presisi dan sama persis dengan bentuk model digital. Takahashi (2019) menilai kelebihan dari teknik 3D *printing* ini adalah dapat dihasilkan sebuah objek tiga dimensi dengan tingkat kepresisian dan keakuratan yang tinggi [3]. Teknik 3D *printing* juga dapat digunakan untuk membuat objek serupa dalam jumlah banyak (*mass product*), karena pengguna hanya perlu melakukan pencetakan otomatis berulang kali terhadap model digital tiga dimensi filamen PLA yang sama.

Eksperimen Motif Filamen PLA Dengan Teknik 3D *Pen*

Teknik 3D *pen* merupakan eksperimen motif filamen PLA dengan menggunakan alat bantu genggam berteknologi 3D *printing* (*hand-held 3D printer*). Penggunaan alat ini dapat memberikan pengalaman membuat objek tiga dimensi sekaligus melakukan eksplorasi dan berkreasi bebas dengan menggunakan tangan [3] [14]. Oliveira (2020) berpendapat bahwa adanya teknik 3D *pen* dapat membuat pengguna menjadi lebih peka, karena mereka dapat leluasa mengatur kecepatan, temperatur, arah gerak *nozzle*, tinggi rendah posisi *nozzle*, tempo pekerjaan, dsb. Hal ini membuat pengguna akan semakin cepat mengenal karakteristik, kelebihan, kekurangan, dan kendala [3] [15] yang muncul. Keleluasaan dalam pemakaian teknik 3D *pen* ini dapat membantu pengguna untuk dapat semakin cepat mengenal karakter alat bantu dan material filamen PLA. Jenis teknik eksplorasi ini juga akan mempermudah pengguna untuk dapat mewujudkan ide dan gagasannya ke dalam sebuah wujud fisik dengan menggunakan metode kerja yang lebih modern. Teknik 3D *pen* akan membebaskan pengguna dari kebutuhan perangkat printer dan kemampuan (*skill*) dalam mengoperasikan *software modeling* digital.



Gambar 11. Teknik 3D *Pen* Interaksi Langsung Antara Tangan Dengan Alat Bantu dan Filamen PLA
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

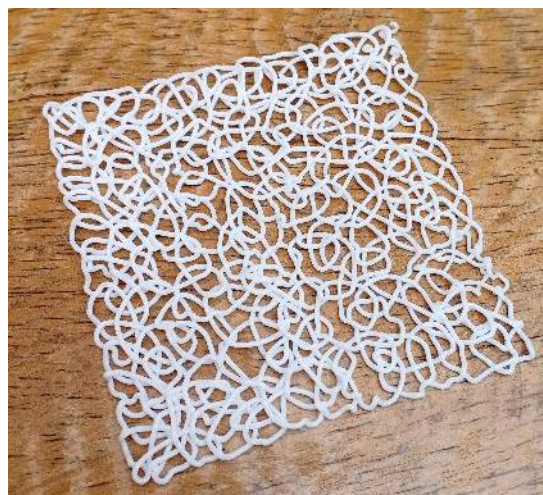
Eksperimen motif filamen PLA dengan teknik 3D *pen* dianggap sebagai pekerjaan manual dengan menggunakan tangan (*handiwork*). Sifat kerja manual ini membuat 3D *pen* memiliki interaksi yang paling dekat dengan tangan pengguna. Interaksi antara 3D *pen* sebagai alat bantu dengan tangan sebagai alat kerja alamiah manusia akan membuat pengguna menjadi lebih peka dalam penggunaan 3D *pen* (gambar 11). Hal ini terjadi karena pikiran manusia langsung terhubung dengan tangan dan alat bantu. Pada teknik 3D *pen*, kreativitas dalam mengolah filamen PLA terjadi sepanjang proses pembuatan motif, sehingga dapat diperoleh berbagai kemungkinan peluang [3] dalam menghasilkan varian bentuk olahan motif. Selain itu teknik 3D *pen* juga memiliki pergerakan alat yang bebas dan tidak terbatas sesuai dengan arah gerak tangan, sehingga bentuk olahan motif filamen PLA bergantung pada spontanitas pengguna. Spontanitas berkaitan erat dengan proses kreasi karena dapat menghasilkan berbagai ide dan gagasan

baru dalam melakukan eksplorasi motif filamen PLA. Primadi (2000) memaknai spontan ini sebagai sebuah dorongan untuk menanggapi kondisi seketika dan segera mewujudkannya ke dalam bentuk yang lebih konkret. Dorongan ini umumnya berupa getaran halus, ilham, atau inspirasi yang tiba-tiba muncul dan dapat hilang dalam sekejap, sehingga dibutuhkan keluwesan dalam kesegeraan untuk mewujudkan sesuatu yang ditangkap dari keseketikaan tersebut. Hal inilah yang akan menghasilkan berbagai macam improvisasi [16] dalam melakukan eksplorasi. Dengan adanya spontanitas selama proses eksplorasi filamen PLA berlangsung, maka akan dihasilkan berbagai bentuk motif berbeda yang tidak dapat diulang untuk mendapatkan bentuk serupa atau sama persis.

Untuk memudahkan eksplorasi filamen PLA dengan teknik 3D *pen*, maka proses membuat motif dilakukan di atas alas kerja. Selain itu, alas kerja juga dapat mempermudah proses transformasi batang filamen menjadi sebuah bentukan bidang datar. Bidang datar berdimensi 7,5 x 7,5 cm dibuat dengan ketebalan yang mengikuti eksplorasi bentukan motif filamen PLA. Prinsip dari eksplorasi filamen PLA dengan teknik 3D *pen* ini adalah mengisi ruang-ruang kosong yang berada dalam batas ruang 7,5 x 7,5 cm. Ruang kosong ini diisi dengan mengikuti pola pergerakan filamen PLA dan alat bantu 3D *pen*. Dari eksplorasi ini dapat diperoleh sebuah bidang datar yang dibentuk dari serangkaian motif filamen geometrik dan organik.



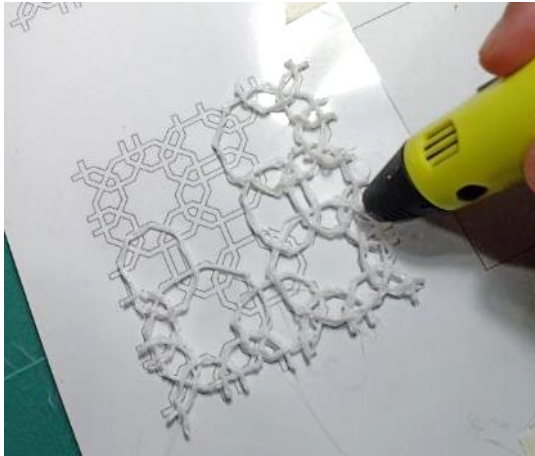
Gambar 12. Proses Membuat Motif Filamen Organik Dengan Teknik 3D *Pen*
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]



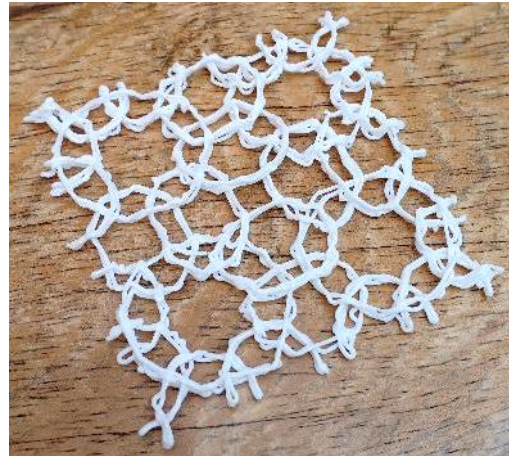
Gambar 13. Hasil Pembuatan Motif Filamen Organik Dengan Teknik 3D *Pen*
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

Gambar 12 merupakan hasil olahan motif filamen PLA organik dengan menggunakan teknik 3D *pen*. Eksperimen motif filamen organik dilakukan dengan menggunakan pola dinamis dan acak dengan arah pergerakan yang melingkar (gambar 12). Dari aplikasi pola dan pergerakan teknik 3D *pen* ini, peneliti menemukan dua keunikan yang terjadi selama proses eksplorasi manual terhadap filamen PLA. Pertama, lelehan filamen PLA keluar melalui *nozzle* dalam waktu yang konstan dan relatif stabil. Hal ini mendorong pengguna untuk harus selalu mengetahui arah dan tujuan pergerakan 3D *pen* selanjutnya, tujuannya agar tidak terjadi pengumpulan filamen pada posisi yang sama. Dibutuhkan keseimbangan antara waktu dan pergerakan alat bantu 3D *pen*. Pergerakan alat bantu yang terlalu lambat akan menyebabkan terjadinya penumpukan filamen dan hasil motif menjadi rapat dan tidak beraturan. Di sisi lain, pergerakan alat bantu yang terlalu cepat akan membuat filamen PLA tertarik dan tipis.

Kedua, meskipun secara waktu konstan dan stabil, namun proses keluarnya lelehan filamen PLA melalui *nozzle* terkadang memiliki arah yang tidak lurus, melingkar, tidak beraturan, dan acak. Kondisi ini membutuhkan spontanitas pengguna untuk dapat melakukan improvisasi terhadap karakteristik lelehan filamen PLA agar motif yang dihasilkan sesuai dengan keinginan awal. Dibutuhkan keluwesan pergerakan tangan dalam kondisi spontan untuk melakukan improvisasi terhadap arah pergerakan keluarnya lelehan filamen PLA. Keterlambatan dalam melakukan improvisasi dapat menyebabkan terjadinya penumpukan filamen dan motif yang akan dihasilkan menjadi tidak beraturan. Dua hal inilah yang mendorong kreativitas pengguna akan terus berjalan selama proses eksplorasi berlangsung.



Gambar 14. Proses Membuat Motif Filamen Geometrik Dengan Teknik 3D Pen
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

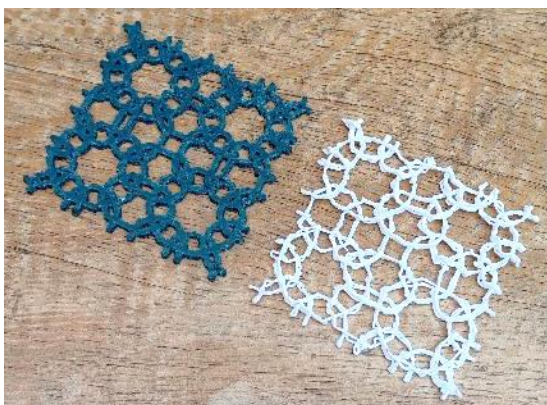


Gambar 15. Hasil Pembuatan Motif Filamen Geometrik Dengan Teknik 3D Pen
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

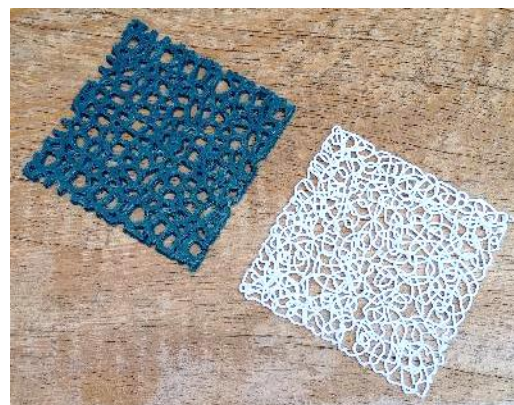
Pada gambar 14, peneliti mencoba untuk membuat motif filamen PLA geometrik dengan mengikuti pola bentuk motif geometrik (gambar 2) yang bersifat statis, teratur, dan terstruktur. Namun motif yang dihasilkan (gambar 15) cenderung tidak beraturan dan tidak presisi, dengan ketebalan garis yang berbeda. Hal ini salah satunya dipengaruhi oleh karakter arah keluar lelehan filamen PLA yang tidak beraturan, menyebabkan teknik 3D *pen* tidak cocok untuk membuat motif filamen PLA dengan bentuk geometrik yang harus tersusun rapih, teratur, dan presisi. Takahashi (2019) juga mengatakan bahwa sangat sulit untuk membuat garis lurus presisi dengan menggunakan alat bantu 3D *pen* [3]. Selain karakter luaran lelehan filamen PLA yang tidak beraturan, dibutuhkan konsistensi dari tangan pengguna. Tarikan garis, kecepatan dan arah gerakan, ketekunan, *flow* filamen, serta posisi ketinggian *nozzle* memiliki pengaruh besar dalam membuat motif dari serangkaian garis lurus.

Berdasarkan eksperimen motif filamen PLA dengan teknik 3D *pen*, dapat dilihat bahwa teknik ini memiliki kekurangan dalam hal kepresisian. Hal ini disebabkan oleh faktor teknis alat bantu dan konsistensi pengguna dalam menggunakan 3D *pen*. Prinsip mengisi ruang kosong menyebabkan permukaan bidang tidak sepenuhnya datar, sering kali ditemukan penumpukan filamen dan ruang kosong berbentuk acak pada beberapa bagian bidang. Akan tetapi, teknik 3D *pen* ini juga memiliki kelebihan dari segi waktu pengerjaan yang relatif singkat. Untuk membuat satu motif dengan teknik 3D *pen*, hanya dibutuhkan waktu sekitar 10-15 menit. Selain itu, untuk dapat menggunakan teknik 3D *pen*, pengguna tidak membutuhkan kemampuan untuk mengoperasikan *software* CAD dan CAM. Dengan teknik ini, alat bantu yang dibutuhkan untuk melakukan eksplorasi filamen PLA juga terbilang cukup sederhana.

Perbandingan Karakteristik Motif Teknik 3D Printer Dengan 3D Pen



Gambar 16. Perbandingan Hasil Motif Geometrik
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]



Gambar 17. Perbandingan Hasil Motif Organik
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

Untuk dapat mengetahui lebih jauh tentang karakteristik motif filamen PLA berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, maka peneliti melakukan komparasi terhadap kedua hasil olahan tersebut. Gambar 16 merupakan perbandingan bentuk motif geometrik, sedangkan gambar 17 adalah perbandingan bentuk organik. Keduanya dibuat berdasarkan bentuk motif yang serupa namun dilakukan dengan menggunakan dua teknik berbeda. Adapula hasil komparasi tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 1: Perbandingan Karakteristik Eksplorasi Motif Filamen PLA
[Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024]

	Teknik 3D <i>Printer</i>	Teknik 3D <i>Pen</i>
Kreativitas	Hanya di awal proses eksperimen, pada saat pembuatan model digital tiga dimensi.	Sepanjang proses eksperimen, dari awal sampai akhir; spontanitas
<i>Skill</i> Pengguna	Membutuhkan kemampuan khusus untuk mengoperasikan program atau <i>software modeling</i> dan manufaktur digital.	Tidak membutuhkan kemampuan khusus.
Kepekaan	Sepenuhnya mengandalkan kemampuan penggunaan <i>software</i> digital.	Mengandalkan keterampilan manual tangan dalam menggunakan 3D <i>pen</i> .
Interaksi	Hubungan dengan material melalui perangkat (<i>interface</i>).	Berhubungan langsung dengan material.
Target Luaran	Ditentukan di awal proses eksplorasi, pada saat pembuatan model digital tiga dimensi.	Dapat berkembang sepanjang proses eksplorasi dan dapat berubah dalam perjalanannya.
Proses Pembuatan	Menggunakan teknologi digital <i>modeling</i> (CAD) dan manufaktur digital (CAM).	Kombinasi kemampuan manual tangan dengan dukungan teknologi manufaktur.
Peralatan	komputer, <i>software modeling</i> digital (AutoCAD, SketchUp), <i>software</i> manufaktur digital (Ulti-Cura), 3D <i>printer</i>	3D <i>pen</i>
Arah Gerak	Terbatas pada sumbu X, Y, & Z (<i>cartesian</i>)	Bebas dan tidak terbatas.
Luaran Filamen Melalui <i>Nozzle</i>	(1) Berbentuk lembaran datar (2) Stabil dan teratur	(1) Berbentuk batang silinder. (2) Acak dan tidak teratur.
Pengaturan Filamen	Hanya di awal, pada saat pengaturan <i>software</i> CAM.	Dapat dilakukan sepanjang proses eksplorasi.
Karakter Bentuk	Terstruktur dan presisi.	Abstrak dan ekspresif.
Kendala	(1) Membersihkan <i>stringing</i> , atau benang-benang berlebih hasil proses printing. (2) Membutuhkan waktu cukup lama untuk mencetak wujud tiga dimensi.	(1) Sulit untuk membuat garis dan bentuk geometrik yang terstruktur. (2) Sulit untuk membuat bidang masif. (3) Tidak dapat membuat bidang datar (<i>flatbed</i>).
Kelebihan	Dapat membuat benda tiga dimensi yang sama dalam jumlah banyak (<i>mass production</i>).	Benda yang dihasilkan merupakan edisi terbatas (<i>limited edition</i>) dan tidak ada dua benda yang sama persis.

Dari perbandingan karakteristik hasil eksplorasi filamen PLA yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa kedua teknik ini memiliki persamaan dan perbedaan yang bersifat mendasar. Persamaan yang terjadi di antara kedua teknik ini, antara lain:

1. Menggunakan teknologi manufaktur *printing* digital.
2. Mampu dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna, sehingga dapat digunakan untuk melakukan kustomisasi produk [2].
3. Mendorong pengguna untuk memaksimalkan kreativitas dalam menciptakan berbagai bentuk motif baru. Kreativitas ini akan memberikan pengaruh pada kemampuan seseorang dalam melakukan eksplorasi motif filamen PLA berdasarkan teknik yang akan digunakannya.

Sedangkan perbedaan yang terjadi diantara kedua teknik, antara lain:

1. Sistem kerja teknik 3D *printer* sepenuhnya mengutamakan manufaktur, sedangkan teknik 3D *pen* lebih menekankan *skill* atau keterampilan tangan yang didukung oleh keahlian dari penggunanya [4].
2. Dalam teknik 3D *printer*, kreativitas hanya dilakukan pada saat pembuatan model digital tiga dimensi dan tidak dibutuhkan adanya spontanitas. Pada teknik 3D *pen*, kreativitas berlangsung sepanjang proses kreasi, sehingga butuh adanya spontanitas.
3. Target luaran teknik 3D *printer* sudah ditetapkan dari awal proses berkreasi, sedangkan pada teknik 3D *pen* target luaran dapat berkembang dan berubah seiring berjalannya proses kreasi.
4. Teknik 3D *printer* bersifat statis, terstruktur, dan presisi, sedangkan teknik 3D *pen* bersifat bebas, abstrak dan dinamis.
5. Produk hasil teknik 3D *printer* dapat direpetisi dalam jumlah banyak atau *mass product*, sedangkan 3D *pen* hanya dapat digunakan untuk membuat produk yang bersifat satuan.

Dari serangkaian persamaan dan perbedaan di atas, dapat dilihat bahwa aplikasi teknologi 3D *printing* yang dilakukan untuk mengolah filamen PLA dengan menggunakan dua teknik berbeda, merupakan pemanfaatan teknologi manufaktur digital sebagai sistem pendukung dalam kolaborasi antara mesin dengan manusia yang bertujuan untuk mengembangkan kreativitas [3]. Dasar perbedaannya adalah besar bobot peran teknologi dan manusia pada jenis teknik eksplorasi yang digunakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti mendapatkan hasil perbandingan dari karakteristik hasil eksplorasi motif filamen PLA yang dilakukan dengan menggunakan dua teknik berbeda. Adapun perbandingan tersebut, antara lain:

1. Hasil eksplorasi motif filamen PLA dengan teknik 3D *printer* memiliki karakteristik sebagai barang manufaktur, sedangkan hasil eksplorasi motif 3D *pen* motif filamen PLA memiliki karakteristik sebagai hasil pekerjaan tangan (*handiwork*).
2. Kreativitas pada teknik 3D *printer* hanya berlangsung pada tahap pembuatan model digital tiga dimensi, setelah itu teknologi manufaktur bekerja mandiri tanpa adanya campur tangan pengguna. Sedangkan pada teknik 3D *pen* yang dianggap sebagai pekerjaan tangan, kreativitas berlangsung sepanjang proses eksplorasi.
3. Bentuk motif filamen PLA hasil eksplorasi teknik 3D *printer* memiliki sifat terstruktur dan presisi, sedangkan pada hasil eksplorasi teknik 3D *pen*, bentuk motif bersifat abstrak dan ekspresif. Spontanitas pengguna dalam berimprovisasi menghasilkan sifat abstrak dan ekspresif pada eksplorasi motif filamen PLA dengan teknik 3D *pen*. Spontanitas ini dipengaruhi oleh kreativitas pengguna dalam melakukan respon pengguna terhadap karakteristik alat bantu dan material filamen PLA yang diolah dengan menggunakan teknik 3D *pen*.
4. Hasil eksplorasi motif filamen PLA dengan teknik 3D *printer* dibentuk dari pengulangan lembaran datar (*flat*) yang dibuat berlapis hingga menghasilkan sebuah bidang datar tiga dimensional. Sedangkan pada eksplorasi teknik 3D *pen*, motif dibentuk dari pengolahan lelehan batang silinder yang dirangkai sedemikian rupa menjadi bidang bergelombang karena adanya penumpukan tidak merata pada sebagian sisi filamen PLA.
5. Dengan teknik 3D *printer*, hasil eksplorasi motif filamen PLA yang sama dapat direpetisi dan dilakukan produksi massal dalam jumlah besar (*mass production*). Sedangkan teknik 3D *pen* menghasilkan motif filamen PLA dengan edisi terbatas (*limited edition*) dan tidak akan dihasilkan dua buah bentuk motif yang sama persis.

Walaupun memiliki karakteristik dan sistem kerja berbeda, kedua teknik ini tetap dianggap sebagai sebuah manufaktur hibrida yang memiliki visi untuk mengintegrasikan antara manufaktur *printing* digital dengan pekerjaan tangan manual [3]. Perbandingan hasil eksplorasi motif filamen PLA dengan dua teknik berbeda ini, dapat menjadi dasar pertimbangan untuk membuat pembatas bidang dari produk desain.

Pilihan teknik eksplorasi filamen PLA ini dapat disesuaikan berdasarkan karakter produk desain yang ingin dibentuk. Teknik 3D *printer* akan menghasilkan motif filamen bersifat terstruktur dan presisi. Sedangkan teknik 3D *pen* akan menghasilkan motif bersifat abstrak dan ekspresif. Dari perbandingan karakteristik ini juga dapat dilihat bahwa setiap teknik eksplorasi memiliki pendekatan kreativitas yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. A. Setyawan and Y. Ngadiyono, "Analisis Pengaruh Tingkat Kelembaban Filamen PLA Terhadap Nilai Kekuatan Mekanik Hasil Cetak 3D Printing," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 1-11, 2022.
- [2] N. Shahrubudin, L. T. Chuan and R. Ramlan, "An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications," in *2nd International Conference on Sustainable Materials Processing and Manufacturing*, Sun City, 2019.
- [3] H. Takahashi and J. Kim, "3D Pen + 3D Printer: Exploring the Role of Humans and Fabrication Machines in Creative Making," in *CHI '19: Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Glasgow, 2019.
- [4] S. Manaher, "Handiwork vs Handwork: When To Use Each One In Writing," The Content Authority, 2023. [Online]. Available: <https://thecontentauthority.com/blog/handiwork-vs-handwork>. [Accessed 13 January 2024].
- [5] D. Oktavian, M. Mahardika and B. Arifvianto, "Ekstrusi dan Karakteristik Filamen Komposit Polylactid Acid (PLA) / Carbon Nano Tube (CNT)," *Jurnal Material dan Teknologi Proses*, vol. 2, no. 2, pp. 12-16, 2021.
- [6] S. S. Hastanti, "Pembelajaran Berkarakteristik Pembelajaran Inovatif Abad 21 Pada Materi Limit Dengan Model Pembelajaran Discovery Learning Di SMK N 1 Adiwerna Kabupaten Tegal," *Cakrawala: Jurnal Penelitian*, pp. 162-173, 2022.
- [7] D. Octarini and I. H. Rambe, "Pendekatan Eksplorasi Untuk Mengembangkan Kemampuan Self-Regulated Learning (SRL) Matematika Siswa SMP," *SERPEN: Journal of Mathematics Education and Applied*, vol. 1, no. 2, pp. 8-15, 2020.
- [8] R. Akbar, Weriana, R. A. Siroj and M. W. Afgani, "Experimental Research Dalam Metodologi Pendidikan," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 9, no. 2, pp. 465-474, 2023.
- [9] Mulyadi, Buku Ajar CAD/CAM, Sidoarjo: UMSIDA Press, 2018.
- [10] F. V. I. R. Muliarto and A. Rizki, "Implementasi CAD (Computer Aided Design) dalam Proses Desain Produk," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 2017.
- [11] O. P. S. Ardianto, M. Wardhana, T. A. Kristianto, A. A. Rucitra and C. A. Budianto, "Eksplorasi Desain dan Teknik Fabrikasi Digital untuk Elemen Desain Interior Berbasis Teknologi Manufaktur Aditif," *Jurnal Desain Interior*, vol. 7, no. 2, pp. 73-84, 2022.
- [12] D. P. Kosasih, H. D. Nugraha and W. A. Saefullah, "Perancangan Mesin 3D Printing Model Cartesian," *Jurnal Teknik Mesin ITI*, vol. 5, no. 1, pp. 29-35, 2021.
- [13] K. S. Putra and U. R. Sari, "Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup," in *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi 2018 (SENSITEK 2018)*, Pontianak, 2018.
- [14] J. Chen, S. Xiang, Y. Yuan and Y. Zeng, "The Exploration and Practice of 3D Printing Pen in Primary School Education," in *Proceedings of the 2021 International Conference on Diversified Education and Social Development (DESD 2021)*, Guiyang, 2021.
- [15] C. Chen, "Embellished Modularity," in *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings*, Denver, 2022.
- [16] P. Sisdiyanto, "Pemetaan Potensi Manekung Ajar Pikukuh Sunda Bagi Ideasi Proses Kreasi Melalui Pendekatan Etnografi Terhadap Bumi Dega Subda Academy Bandung," Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2020.