

PENEROKAAN PENGHASILAN PRODUK MENGGUNAKAN PENCETAK 3D

Muhammad Roslee Bin Ismail

Politeknik Ibrahim Sultan,

Rohaida Binti Razi

Politeknik Ibrahim Sultan,

Corresponding Author's Email: roslee@pis.edu.my

Article history:

Received: (15 Oktober 2023)

Accepted: (1 November 2023)

Published: (30 Disember 2023)

ABSTRAK

Pencetakan 3 dimensi digunakan secara meluasnya dalam industri automotif, pertanian, penerbangan, perubatan dan pendidikan. Teknologi pencetakan 3D merupakan proses penghasilan objek melalui lapisan demi lapisan *filament* secara berterusan yang dikawal oleh komputer (*computer aided design-CAD*). Proses penghasilan produk 3D, terdiri daripada tiga komponen utama iaitu paparan kawalan (komputer), alat untuk penyemperitan (*extruder*) dan pelantar binaan (*plat*). Di antara kelebihan pencetakan 3D adalah ia dapat membantu mencipta satu bentuk yang kompleks, sesuai digunakan untuk menghasilkan prototaip dan kos penghasilan objek yang murah bagi prototaip yang bersaiz kecil. Tujuan kajian dilakukan adalah untuk meneroka cara penghasilan produk menggunakan pencetak 3D. Kaedah kajian dilakukan adalah kualitatif yang melibatkan kajian secara studio praktis iaitu mengkaji dokumen kuliah dan melakukan praktikal di dalam kelas. Kajian dilakukan fokus kepada penyelidikan berkaitan jenis-jenis pencetakan 3D, bahan pencetakan 3D dan proses pencetakan 3D yang diaplikasikan kepada pelajar jurusan Diploma Rekabentuk Industri, Politeknik. Hasil kajian mendapati bahawa penghasilan produk akhir dengan menggunakan kaedah pencetakan 3D adalah lebih baik dan ukuran produk lebih tepat. Selain dari itu, ia dapat menjimatkan masa pelajar berbanding pembuatan produk secara manual. Pencetakan 3D boleh digunakan dalam proses pengajaran dan pembelajaran terutama bagi kursus rekabentuk yang melibatkan penghasilan produk nyata.

Kata Kunci: *Pencetakan 3D, Computer Aided Design (CAD), Prototaip, Rekabentuk Industri*

Pengenalan

Pencetakan 3D adalah teknologi yang mengubah gulungan *filament* (gulungan wayar plastik) kepada objek yang direka. Ia terdiri daripada tiga komponen utama iaitu paparan kawalan, alat untuk penyemperitan dan plat. Paparan kawalan digunakan untuk berkomunikasi dengan mesin pencetak yang diproses oleh kad memori. Kad memori yang telah diprogram akan membantu proses untuk menghasilkan objek yang direka. Alat penyemperitan akan menarik *filament* untuk dipanaskan mengikut suhu yang ditetapkan. Proses ini membenarkan pencetak mengikut bentuk yang telah diprogram. Plat merupakan pelantar untuk meletakkan *filament* yang telah cair ke bahagian atasnya sebagai hasil cetakan (Ayob, 2023). *Additive Manufacturing* (AM), merupakan proses menghasilkan objek 3D melalui penggabungan bahan yang dikawal oleh komputer. AM akan melalui proses lapisan demi lapisan *filament* untuk membentuk objek. Teknologi ini selalunya menggunakan polimer dan komposit yang telah digunapakai dalam pelbagai sektor industri (Soyeon Park, 2022).

Proses pencetakan 3D bermula pada tahun 1980 yang dibangunkan oleh Charles Hull. Pada awalnya konsep pencetakan 3D muncul dengan terciptanya *stereolithography* (SLA), di mana objek yang terhasil adalah dari pengerasan lapisan-lapisan cecair polimer. Proses ini terhasil dengan menggunakan sinar *ultraviolet* (UV) (P.Holzman, 2017). Perkembangan penggunaan pencetakan 3D lebih pesat melalui pengenalan kepada penggunaan mesin pencetak yang lebih moden. *Fused Deposition Modelling* (FDM), telah dibangunkan oleh Scott Crump pada lewat 1980an dan telah dikomersialkan pada tahun 1990 oleh Strasys. FDM lebih fleksibel dan boleh menghasilkan produk yang kecil. Proses penghasilan FDM dibantu oleh sokongan tapak yang berada di bahagian bawah produk. Secara amnya, FDM mempunyai beberapa kelemahan yang mana ia tidak boleh menghasilkan produk tanpa sokongan di bahagian bawah. (Agung Fauzi Hanafi, 2021). Pencetak 3D berpotensi mengubah proses rekaan menjadi lebih cepat, mudah dikendalikan dan membantu mengurangkan kos bahan mentah. Selain dari itu, ia boleh menghasilkan objek yang ditempah khas oleh pelanggan (N. Shahrubudin, 2019). Konsep pencetakan 3D adalah menghasilkan produk dengan cepat. Penghasilan model adalah secara terus daripada komputer ke mesin pencetak. Bahan yang digunakan untuk menghasilkan model adalah polimer, komposit, dan seramik. (Tarunpreet Singh, 2020).

Proses pencetakan 3D terdiri daripada tiga fasa penghasilan objek iaitu proses permodelan, pencetakan, dan perincian. Proses permodelan adalah proses menghasilkan objek dengan menggunakan perisian komputer. Pada peringkat ini, proses menghasilkan model dilakukan oleh pereka bentuk yang akan mengikut idea dan kehendak pelanggan. Idea yang dihasilkan akan diterjemahkan ke dalam komputer untuk menghasilkan objek yang direka. Peringkat kedua adalah proses pencetakan 3D yang mana mesin pencetak akan menganalisis, memproses, mengenalpasti penggunaan bahan dan membangunkan produk. Fasa terakhir adalah perincian terhadap produk yang dicetak. Proses perincian merupakan proses membuang bahan berlebihan, melicinkan permukaan objek dan mewarnakan objek. Proses ini merupakan proses yang amat penting untuk mendapatkan hasil yang berkualiti tinggi (Setiyo Adi Nugroho, 2020).

Kebolehpasaran graduan boleh memberikan implikasi kepada keupayaan institusi pengajian untuk menghasilkan graduan yang memenuhi permintaan di sektor industri. Graduan yang memiliki kemahiran yang tinggi mempunyai peluang yang cerah untuk bekerja dalam bidang yang diceburi. Pelan strategik kebolehpasaran graduan 2021-2025 (Pendidikan Tinggi) menggariskan di dalam strategi ketiga iaitu pemantapan pengajaran dan pembelajaran yang mensasarkan aktiviti pengajian di IPT yang memenuhi keperluan industri dengan elemen 4.0 yang melibatkan pengamal atau pakar industri. Perkara ini dilihat bahawa betapa pentingnya IR 4.0 diterapkan di dalam sistem pendidikan terutama bagi pelajar IPT. Pelan ini juga menyatakan bahawa aspek pembangunan reka bentuk kurikulum akademik dan aktiviti kokurikulum di IPT perlu mengambil kira keperluan pasaran tempatan, pandangan pihak industri, kemahiran abad ke 21 dan desakan teknologi 4.0 (Tinggi, 2023)

Kajian literatur

Jenis-jenis Pencetakan 3D

Pelbagai teknologi pencetakan 3D telah dibangunkan dengan fungsi yang berbeza. Ada sesetengah proses pencetakan 3D melalui proses pencairan bahan (*filament*), proses penghasilan menggunakan serbuk dan proses penghasilan menggunakan cecair (Margarita Ntousia, 2019). Proses penghasilan pembuatan model 3D mempunyai dua kaedah iaitu dengan penggunaan perisian komputer 3D atau mengimbas (menggunakan alat pengimbas 3D) (Marek Pagac, 2021). Kaedah dan cara yang berbeza akan menghasilkan objek mengikut kualiti mesin yang digunakan. *American Society for Testing and Material (ASTM)*, mengkategorikan teknologi pencetakan 3D kepada tujuh kumpulan, iaitu *binding jetting*, *material extrusion*, *material jetting*, *sheet lamination*, *vat photopolymerization*, *powder bed fusion* dan *direction energy deposition* (N. Shahrubudin, 2019).

A. Binder Jetting

Binder jetting merupakan proses pencetakan 3D yang pantas. Ia terhasil melalui agen pengikat cecair yang bergabung dengan serbuk halus. Proses pencetakan dilakukan hampir sama dengan proses pencetakan *selective laser sintering (SLS)*. Proses ini memerlukan lapisan awal bahan serbuk pencetak pada platform. Proses *binder jetting* tidak menggunakan haba. Proses berlaku dengan pergerakan kepala pencetak ke atas permukaan serbuk yang menghasilkan titisan serbuk yang berfungsi sebagai pengikat. Objek yang direka akan terhasil melalui cantuman titisan zarah dan serbuk. Setelah proses pencetakan siap, platform akan turun dan lapisan serbuk baru akan terhasil pada lapisan yang dicetak. Proses akan berulang sehingga objek terhasil. Pada peringkat akhir proses *binder jetting*, objek akan dibiarkan sejuk untuk mengeras dengan sendirinya. Setelah objek menjadi keras, objek akan dikeluarkan dan serbuk yang tidak dingini akan disembur dengan angin yang kuat. Proses ini perlu dilakukan untuk menyingkirkan serbuk yang berlebihan. Terdapat tiga kategori *binder jetting* iaitu *sanding jetting*, *metal jetting* dan *plastic jetting* (Facfox, 2023).

Sanding jetting adalah teknologi pencetakan tinggi yang memerlukan kos yang rendah. Pasir digunakan sebagai bahan utama untuk penghasilan proses ini. Contoh produk yang dihasilkan adalah batu blok pasir dan *gypsum board*. Teknologi ini boleh menghasilkan satu objek yang kompleks dan besar. Proses *sanding jetting* memerlukan agen pengikat polimer untuk mengikat serbuk pasir. Proses ini boleh menghasilkan objek geometrik yang kompleks yang jauh lebih baik dari kaedah pembuatan secara konvensional. Proses ini hanya boleh dihasilkan melalui proses sekunder seperti proses pensinteran dan proses penyusupan. Proses ini memerlukan campuran bahan lain untuk menjadikannya lebih kuat. Objek menjadi tidak kuat sekiranya bahan yang digunakan tidak sesuai. Proses penyusupan sekunder bermula apabila zarah logam diikat menggunakan agen pengikat. Apabila objek siap, ia akan dikeluarkan dan diletakkan di dalam relau. Proses ini akan menyebabkan agen pengikat menjadi hangus. Ia akan menjadikan ketumpatan objek sekitar 60 peratus. Proses seterusnya adalah mencampurkan serbuk gangsa. Proses ini dilakukan untuk mengisi ruang yang kosong yang terhasil pada objek. Proses ini akan menjadikan objek itu kuat dengan ketumpatan sekitar 90 peratus (Facfox, 2023).

Pemendapan logam melalui kaedah konvensional, sama ada melalui penyejatan atau elektrokimia agak kurang berkesan untuk menghasilkan objek dengan cepat. Pendekatan utama bagi proses pencetakan logam adalah berasaskan dakwat logam, formulasi logam dan diproses untuk mendapatkan lapisan logam. Pada kebiasaannya, dakwat akan digunakan sebagai bahan utama untuk proses pencetakan dalam industri senireka grafik, *screen printing*, *inkjet printing*, *flexography* dan *gravure*. Titisan mikro logam boleh terus dicetak daripada fasa pepejal melalui *laser induced transfer (LIFT)*. Pencetak LIFT bergantung pada *donor* yang terdiri daripada *substrat* lutsinar yang disalut oleh lapisan logam yang nipis. Laser akan diarahkan ke permukaan antara lapisan logam dan proses pemanasan berlaku. Tekanan tinggi antara permukaan logam akan menghasilkan titisan cecair yang akan membentuk objek. (M. Zenou, 2015).

B. Direction Energy Deposition

Direct Energy Deposition merupakan satu proses pencetakan 3D berfungsi sebagai pencetak yang bukan menghasilkan objek. DED merupakan proses alternatif pencetakan 3D yang digunakan untuk pembaikan dan penyelenggaraan. Kaedah yang digunakan untuk menghasilkan DED adalah dengan mencairkan bahan pencetak dan kemudian akan terus ke wayar atau serbuk bahan pencetakan. Proses ini dihasilkan di dalam ruang yang dikawal dengan penggunaan tahap oksigen yang rendah. Peralatan yang digunakan untuk proses DED terdiri dari kepala pemendapan (integrasi sumber tenaga) serta dua muncung untuk mengeluarkan serbuk dan memasukkan gas. Serbuk logam dan wayar halus boleh digunakan dalam proses ini. Bahagian tertentu yang akan dihasilkan akan disimpan di platform yang terdapat dibahagian pelantar DED. Proses penghasilan DED adalah dengan menggunakan bekalan haba berpusat iaitu *electron beam* atau *laser*. Proses ini akan mengakibatkan bahan menjadi pejal dan melekat dengan cara berlapis-lapis. Proses ini akan memperbaiki objek dan menghasilkan objek baharu pada produk sedia ada. (Anketa Jandyal, 2022)

C. Material Extrusion

Material Extrusion (ME) adalah proses pencetakan 3D dengan cara menolak keluar bahan melalui muncungnya. Proses dilakukan dengan sekata untuk mendapatkan hasil yang baik. ME juga dikenali dengan nama *Fused Deposition Modeling* dan *Fused Filament Fabrication (FFF)*. Ia merupakan proses pencetakan 3D yang membentuk objek dengan cara melebur *filament* secara berterusan. Bahan yang digunakan adalah plastik pejal yang dipanaskan di dalam bekas. Proses ini kemudiannya akan menolak *filament* ke platform yang tersedia untuk membentuk objek. *Noncrystalline polymer* adalah bahan yang digunakan untuk proses ME. Proses ini merupakan proses penghabluran polimer perlahan. Proses ini akan meningkatkan tenaga yang diperlukan untuk mencairkan polimer. Perubahan suhu persekitaran merupakan cabaran utama untuk melakukan proses ini kerana ia boleh menjadikan objek melengkung selepas proses pemendapan berlaku (Mackay, 2018).

D. Material Jetting

Material jetting merupakan proses penghasilan objek menggunakan beberapa muncung linear. Prinsip penghasilan adalah sama dengan pencetak *inkjet* konvensional bersaiz besar. Bahan utama untuk menghasilkan *material jetting* adalah lilin (titisan lilin yang menjadi dakwat). Proses pengerasan berlaku dengan cara mendedahkan kepada sinaran UV yang membentuk objek secara berlapis-lapis. Proses *material jetting* adalah sama dengan mesin pencetak yang beroperasi sepertinya, yang mana platform pembinaan akan menurun sebanyak satu gred Z untuk setiap lapisan objek yang dibentuk. Setelah proses *material jetting* selesai, lapisan seterusnya akan terhasil pada objek yang dicetak. Proses ini membolehkan beberapa kepala pencetak berfungsi secara serentak. Proses ini boleh mengakibatkan bahan, warna dan kecerunan sifat objek dicetak berbeza. Monomer yang mengandungi *nano silica* akan meningkatkan lagi kelikatan dan mengawal aplikasi serta sifat objek yang telah siap (A Kessler, 2020).

E. Powder Bed Fusion

Powder bed fusion merupakan pencetak 3D yang menggunakan elektron atau sinar laser. Proses pencetakan berlaku dengan menyebarkan serbuk di atas lapisan produk. Alat yang digunakan untuk menghasilkan objek adalah dengan menggunakan *roller* atau berus. Serbuk logam dan polimer digunakan untuk penghasilan *powder bed fusion (PBF)*. Proses pencetakan PBF tebahagi kepada beberapa jenis iaitu *selective heat sintering (SHS)*, *selective laser melting (SLM)*, *electron beam melting (EBM)*, *multi jet fusion (MJF)* dan *selective laser sintering (SLS)*. Kelebihan menggunakan PBF adalah proses ini menggunakan bahan pencetakan yang murah. Manakala kekurangan proses PBF adalah proses ini memerlukan sumber daya atau kuasa yang tinggi untuk beroperasi (Anketa Jandyal, 2022)

F. *Sheet lamination*

Sheet lamination merupakan proses penghasilan objek dengan cara menyusun lapisan helaian bahan pencetak yang sangat nipis. *Sheet lamination* dihasilkan melalui gabungan antara *laminated object manufacturing (LOM)* dan *ultrasonic additive manufacturing (UAM)*. Proses pencetakan terjadi apabila proses pemanasan pada lapisan plastik (mencairkan) dan tekanan ke atas objek (mencantumkan) dilakukan. Setelah cantuman pada lapisan objek dilakukan, bahagian yang tidak dikehendaki akan dibuang. Proses ini dilakukan untuk membentuk objek yang diinginkan. *Sheet lamination* mampu mencetak objek dengan menggunakan pelbagai jenis bahan. Antara bahan yang digunakan termasuklah plastik, kertas dan logam. Laser digunakan untuk memotong objek yang dicetak. Objek yang terhasil dengan menggunakan proses *sheet lamination* adalah kurang tepat dan perlu membuat banyak kemasan. Ia terjadi semasa proses pasca pengeluaran. Proses *sheet lamination* menyebabkan berlakunya banyak pembaziran kerana bahan yang berlebihan tidak boleh dikitar semula. (Soyeon Park W. S., 2022)

G. *Vat Photopolymerization*

Vat photopolymerization adalah proses pencetakan 3D yang menggunakan cecair polimer dan cahaya *ultraviolet (UV)*. Proses ini juga dikenali dengan nama *stereolithography* atau *photopolymerization*. Fotopolimer merupakan bahan utama untuk menghasilkan proses ini. Bagi menjayakan proses ini, bahan pengawetan akan bertindak balas dengan polimer yang kemudiannya membentuk rantai polimer. Proses terjadi dengan cara memegang molekul plastik secara bersilang. Proses ini akan membentuk resin yang pejal. Ia bertindak balas antara polimer dan bahan lain yang sensitif terhadap cahaya UV. (Marek Pagac, 2021). Proses pendedahan perlu dilakukan secara konsisten ke atas cecair plastik. Proses ini dilakukan secara berulang kali untuk membentuk lapisan objek. Pendedahan kepada gelombang cahaya UV yang sesuai, menyebabkan resin mengalami reaksi kimia yang akan menjadikannya keras dan padat. Plastik dan seramik merupakan bahan yang sesuai digunakan untuk proses *vat photopolymerization*. Bentuk objek yang dihasilkan kurang cantik tetapi mempunyai permukaan yang licin dan rata. (Tarunpreet Singh, 2020).

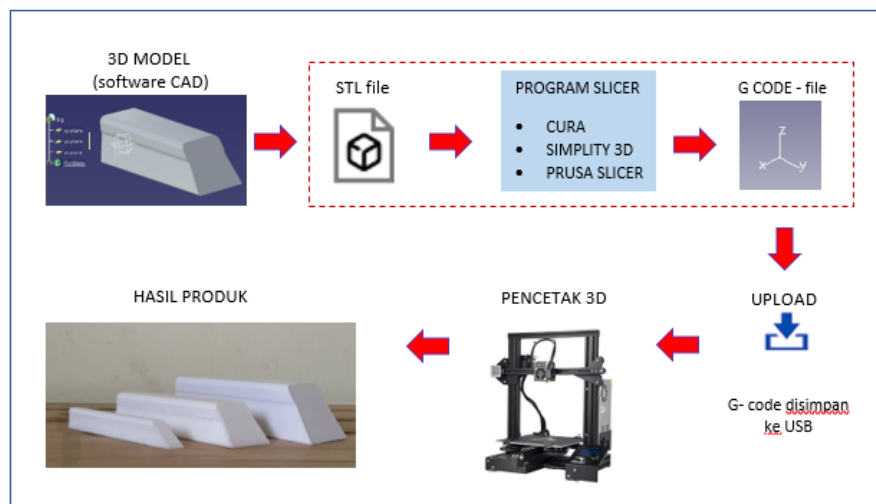
Metodologi kajian

Penyelidik menggunakan kaedah kualitatif untuk mendapatkan data. Kajian kes dilakukan dengan mengkaji jurnal, sumber dari internet dan dokumen yang berkaitan dengan pencetakan 3D. Penyelidik fokus kepada kajian secara praktis di dalam studio (*studio practice*) di mana eksplorasi proses penghasilan produk dengan menggunakan komputer dan pencetak 3D dilakukan. Kursus yang terlibat adalah *Advanced 3D Computer Modeling* dan *Industrial Design 4*. Kedua-dua kursus ini merupakan kursus teras bagi Program Diploma Rekabentuk Industri semester lima. Bahan yang digunakan adalah *Polylactic Acid (PLA)* dengan diameter ketebalan 1.75 milimeter. Pencetak 3D jenis *Fused Deposition Modeling (FDM)* digunakan untuk meneroka keberkesanan dan kesesuaian mesin untuk menghasilkan produk. Eksplorasi dilakukan di makmal pencetakan 3D di Jabatan Rekabentuk dan Komunikasi Visual, Politeknik Ibrahim Sultan, Johor.

Kajian dilakukan dengan cara meneroka proses menghasilkan sebuah produk bersaiz kecil. Proses pencetakan dimulakan dengan menghasilkan lukisan menggunakan komputer. Pengkaji mereka bentuk produk menggunakan perisian komputer 3D (Catia V5R21). Proses pencetakan 3D dilakukan bagi mendapatkan hasil rekaan sebuah produk inovasi. Proses pencetakan ke atas produk dilakukan dengan cara menegak dan melintang. Cara yang berbeza dilakukan adalah untuk mendapatkan hasil yang berbeza. Tujuan proses ini dilakukan adalah untuk menunjuk cara, menilai dan mengenalpasti proses mencetak produk 3 dimensi.

Dapatan

Pencetakan 3D adalah proses untuk menghasilkan objek 3 dimensi daripada satu fail digital. Tiga komponen utama diperlukan untuk menjayakan proses ini, iaitu paparan kawalan, alat penyemperitan (*extruder*) dan plat (pelantar binaan). Komputer yang mempunyai spesifikasi tinggi diperlukan untuk mereka bentuk objek. Penggunaan perisian komputer yang sesuai diperlukan untuk mereka bentuk objek yang dikehendaki. Ketepatan objek adalah bergantung pada pereka semasa menghasilkan objek dalam komputer 3D. Sekiranya berlaku kesilapan dalam mereka bentuk objek, maka terdapat kecacatan yang akan berlaku apabila produk dihasilkan.



Rajah 1. Proses Pencetakan 3D

Fail STL adalah singkatan bagi “standard tessellation language” atau “stereolithogrophg”. STL merujuk kepada format fail yang digunakan untuk proses pencetakan 3D. Fail ini bertindak sebagai persembahan model 3D yang siap untuk melaksanakan proses pencetakan. Format STL menggambarkan keadaan geometri bagi permukaan objek dalam bentuk segi tiga. Fail ini membentuk permukaan objek tiga segi yang terdiri dari serangkaian segi tiga. Setiap segi tiga diwakili oleh segi tiga dalam ruang tiga dimensi (koordinat XYZ) dan *vektor* normal yang menunjukkan ke arah permukaan segi tiga. Perkara ini membolehkan pencetak 3D memahami proses yang perlu dilakukan untuk mencetak objek. Fail STL digunakan untuk mengimport model 3D ke program *slicer* yang akan memecahkan model kepada bahagian-bahagian tertentu.

Program *slicer* merupakan proses mengubah model 3D menjadi bentuk yang diinginkan. Ia dikenali sebagai *slicer* kerana model 3D akan dibentuk menjadi serangkaian bentuk produk yang dipecahkan mengikut rekaan yang dibuat. Setiap rekaan akan diterjemahkan ke dalam bentuk 3D yang akan dibangunkan menjadi objek 3D. Program *slicer* amat penting dalam proses ini kerana program ini yang akan memberi arahan untuk menghasilkan objek. Sekiranya program ini tidak berlaku, maka objek 3D tidak akan terhasil. Ia terjadi kerana pencetak 3D tidak memahami proses penghasilan objek 3D yang kompleks. Program *slicer* akan mengatur perancangan pergerakan mesin pencetak. Antara proses yang dilakukan dalam program *slicer* termasuklah pemilihan parameter, pemilihan bahan, pemilihan *filig* dan *support*, pengaturan posisi dan kedudukan serta proses penyimpanan data. Terdapat tiga jenis program yang digunakan untuk memproses *slicer* iaitu Cura, Simply 3D dan Pursa Slicer. Pengkaji menggunakan program Cura untuk menghasilkan objek. Program Cura adalah program yang sangat popular digunakan oleh pereka kerana program ini mudah dikendalikan dan kemampuannya untuk menghasilkan produk yang dicetak amat baik. Program ini digunakan untuk mengubah struktur model ke arahan yang boleh dibaca oleh pencetak 3D. Selain dari itu, program Cura sesuai digunakan oleh semua jenis pencetak 3D.

Fail *G-code* adalah fail mengandungi teks yang berfungsi untuk memberikan arahan kepada pencetak 3D. *G-code* akan memberitahu pencetak tentang pergerakan yang perlu dilakukan. Program *G-code* memberi arahan kepada pencetak untuk memulakan proses pencetakan, menentukan masa yang diperlukan untuk mencetak, masa untuk mengeluarkan bahan dari kepala pencetak, mengatur suhu yang diperlukan untuk memanaskan *filament* dan platform pemanas, serta masa untuk memberhentikan proses mencetak. Setelah siap proses memuat turun data dalam program *G-code*, barulah proses memindahkan data tersebut ke pencetak 3D dengan menggunakan *secure digital card*.

Pencetak 3D berfungsi sebagai mesin untuk mengubah gulungan *filament* kepada objek yang direka. Paparan kawalan digunakan untuk berkomunikasi dengan pencetak 3D yang memberikan perintah untuk mencetak objek yang dimasukkan ke dalamnya. Alat penyemperitan akan menarik *filament* dan memanaskan dengan suhu yang telah ditetapkan sehingga menjadi sangat mudah dibentuk. Proses ini membenarkan pencetakan dilakukan mengikut bentuk yang telah diprogram. Plat binaan yang berada dibahagian bawah pencetak 3D merupakan tempat untuk meletakkan *filament* yang akan dibentuk ke atasnya.

Proses pencetakan dilakukan dengan dua acara iaitu menegak dan melintang. Hasil daripada proses pencetakan yang dilakukan, didapati objek yang dicetak secara melintang memberikan hasil yang baik dari segi rupa luarannya. Keadaan permukaan objek didapati lebih licin berbanding objek yang dicetak secara menegak. Hasil objek yang dicetak secara melintang agak lembut. Perkara ini terjadi kerana *filament* membentuk objek secara memanjang. Berbeza dengan proses yang dilakukan secara menegak. Objek didapati lebih kuat berbanding proses pencetakan secara melintang. Ini kerana *filament* yang dihasilkan membentuk lingkaran pendek. Objek yang dihasilkan mempunyai permukaan yang tidak rata. Perincian yang lebih perlu dilakukan ke atas objek untuk mendapatkan permukaan yang lebih licin dan cantik.

Pada peringkat akhir proses pencetakan 3D, kemahiran pereka bentuk diperlukan untuk mendapatkan hasil yang baik. Pada kebiasaannya objek yang dihasilkan tidak boleh terus digunakan. Ini kerana struktur permukaan yang dihasilkan agak kasar terutama pada bahagian sokongan. Perkara ini terjadi kerana pencetak 3D tidak dapat mencetak objek di udara (tanpa sokongan). Oleh yang demikian, proses pembersihan dan menghaluskan permukaan objek perlu dilakukan secara manual untuk mendapatkan hasil yang sempurna. Proses menggosok dan mewarna dengan cara konvensional perlu dilakukan. Proses menggosok memerlukan masa yang lama mengikut keadaan permukaan objek yang dicetak.

Kelebihan pencetakan 3D

Terdapat beberapa kelebihan yang diperolehi hasil daripada proses pencetakan 3D, antaranya adalah:

1. Teknologi pencetakan 3D boleh menghasilkan objek yang kompleks dalam jangka masa yang singkat, membentuk permukaan yang licin dan boleh menggunakan bahan yang berbeza. Teknologi ini juga dapat menghasilkan reka bentuk yang kompleks yang tidak mungkin dapat dihasilkan oleh teknologi pencetak 3D yang lain.
2. Bahan yang digunakan untuk mencetak objek memiliki sifat yang baik dari aspek kekuatan dan kekemasan
3. Pencetakan 3D boleh mencetak objek mengikut rekaan yang dihasilkan. Proses ini boleh dilakukan dalam masa yang singkat mengikut idea dan kreativiti pelajar (pencetakan atas permintaan).
4. Proses pencetakan dapat dilakukan dengan mudah bagi menghasilkan komponen produk yang kecil dan rumit.
5. Memudahkan pelajar mencetak objek mengikut idea yang direka. Proses yang dahulunya dilakukan secara manual dapat dilakukan dengan menggunakan pencetak 3D. Proses ini juga dapat menjimatkan masa pelajar.

Kelemahan pencetakan 3D

Terdapat beberapa kelemahan yang diperolehi hasil daripada proses pencetakan 3D, antaranya adalah:

1. Kos permulaan yang tinggi: Harga mesin pencetak 3D yang berkualiti amat mahal. Pelajar tidak mampu untuk memiliki mesin ini.
2. Keterbatasan penggunaan bahan: Segelintir bahan tidak sesuai digunakan untuk mencetak objek 3D kerana sifat bahan yang tidak sesuai untuk digunakan bagi menghasilkan produk yang direka.
3. Kualiti permukaan objek yang kurang memuaskan: Objek yang dihasilkan tidak mencapai spesifikasi yang dikehendaki. Proses perincian pada produk diperlukan untuk mendapatkan hasil yang berkualiti tinggi.
4. Penghasilan objek yang terbatas: Pencetak 3D adalah mesin yang kecil. Bagi menghasilkan objek yang besar, objek yang direka perlu dibahagikan kepada beberapa bahagian untuk dicetak. Kemudian objek itu akan dicantumkan secara manual. Perincian perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang baik.

Kesimpulan

Kepentingan teknologi pencetakan 3D dalam melaksanakan proses pengajaran dan pembelajaran terutama sekali bagi pelajar dalam jurusan rekabentuk amatlah diperlukan. Setiap hari bermacam produk inovasi dicipta di seluruh dunia. Dengan adanya pengetahuan dalam rekaan dan kemahiran menggunakan pencetak 3D, maka sedikit sebanyak dapat membantu pelajar mengubah dan meningkatkan produksi penghasilan produk mereka. Pengetahuan mengenai proses pencetakan 3D juga akan membantu pelajar untuk menghasilkan produk inovasi seperti yang dikehendaki.

Pengetahuan dan kemahiran penggunaan komputer dan pencetakan 3D memberi peluang kerjaya yang besar dalam sektor industri rekabentuk dan pembuatan. Pengetahuan ini dapat membantu pelajar untuk mempersiapkan diri apabila mereka menceburkan diri dalam bidang rekaan. Secara keseluruhannya, proses pembelajaran pencetakan produk 3D dapat memberikan pengalaman yang berharga kepada pelajar. Selain dari itu, ia dapat mengembangkan keterampilan yang relevan dan mempersiapkan mereka bagi mengharungi dunia teknologi yang berkembang pesat kerana penggunaan teknologi yang lebih maju akan digunakan.

PENGHARGAAN

Terima kasih diucapkan kepada Politeknik Ibrahim Sultan dan Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia kerana memberikan kemudahan menggunakan fasiliti sehingga kajian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

RUJUKAN

- A Kessler, R. H. (2020). 3D Printing in Dentistry - State of the Art. *Operative Dentistry*, 30-4-.
- Agung Fauzi Hanafi, A. F. (2021). Analisis Pengaruh Temperature Extruder dan Heat Bed 3D Printer Tipe Fused Deposition Modelling (FDM) Berbahan PLA + Terhadap Kekuatan Mekanik Produk. *Jurnal Teknik Mesin*, 57-61.
- Anketa Jandyal, I. C. (2022). 3D printing - A review of processes, materials and applications in industry 4.0. *Sustainable Operations and Computer*, 33-42.
- Ayob, D. A. (2023, Julai 7). *majalahsains.com*. Retrieved from majalahsains Web site: <https://www.majalahsains.com/>
- Facfox. (2023, Julai 18). *my.insta3dm*. Retrieved from my.insta3dm Web Site: my.insta3dm.com
- M. Zenou, A. &. (2015). *Laser Jetting of femto - liter metal droplets for high resolution 3D printed structures*. Yavne, Israel: Scientific Reports.
- Mackay, M. E. (2018). The importance of rheological behavior in the additive manufacturing technique material extrusion. *Journal of Rheology*, 1549-1561.
- Marek Pagac, J. H.-P. (2021). ArReview of Vat Photopolymerization Technology: Material, Application, Challenges, and Future Trends of 3D Printing. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute.*, 598-600.
- Margarita Ntousiia, I. F. (2019). 3D Print Technologies & Applications: An Overview. *CAD Conference and Exhibition*, 243-248.

- N. Shahrubudin, T. L. (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Material, and Applications. *ScientDirect*, 1286-1296.
- P.Holzman, J. R. (2017). User Entrepreneur Husines Models, In 3D Printing. *Journal of Manufacturing Technologies Management*, 75-94.
- Setiyo Adi Nugroho, A. A. (2020). Perkembangan Teknologi Dalam Proses Pencetakan 3 Dimensi Dan Aplikasinya. *Jurnal ilmiah komputer grafis*, 61-68.
- Soyeon Park, W. S. (2022). 3D printing of polymer composites: Material, process, and applications. *Elsevier*, 43-76.
- Tarunpreet Singh, S. K. (2020). 3D Printing of Engineering Material: A state of the art review. *Science Direct*, 1927-1931.
- Tinggi, K. P. (2023, Julai 13). *Kementerian Pengajian Tinggi*. Retrieved from Kementerian Pengajian Tinggi Web Site: mohe.gov.my