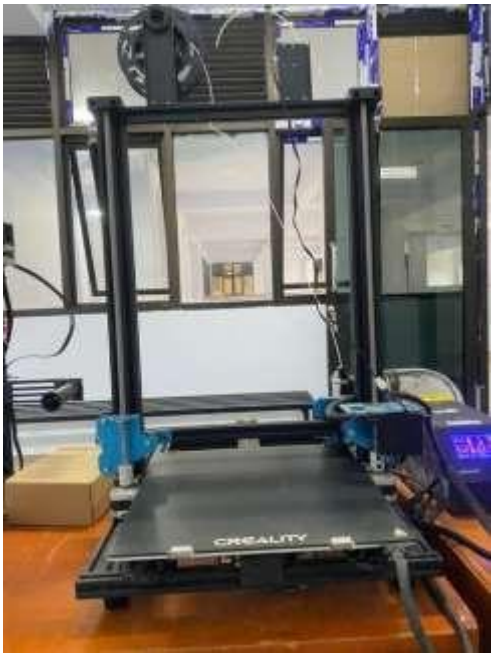
BAB II
TINJAUANPUSTAKA

3D*PRINTING*

3D *printer* adalah mesin pembuat benda pada tiga dimensi dari sebuah desain secara digital menjadi bentuk 3D yang dapat di lihat tapi juga dipegang dan memilikivolume. 3D printing dicapai dengan menggunakan prosef aditif, dimana sebuah objek di buat dengan meletakkan lapisan yang berurut dari bahan baku. Printer 3D juga sering disebut dengan *addictife manufacture* atau manufaktur tambahan. Pada tahun 1986, ada seseorang Bernama *charels w.* hul memiliki hak paten dengan teknologi s*tereolithograthy*. Teknologi ini merupakan teknologi untuk membuat opjek 3D. (Mochammad, Diki Muliawan, Gatot Eka Pramono, Sumadi, 2017)



Gambar 2.1 3D *printing*
(sumber:Mochammad2017)

Printer 3D adalah sebuah mesin pencetak yang mencetak objek secara 3 dimensi yang bisa dilihat, dipegang dan mempunyai volume. Sebuah model 3D dibangunlapisdemilapisyangprosespembuatanbendapadattigadimensidarifile digital.Penciptaanobjek3Ddicetakdenganmenggunakanprosesaditifyangdalam prosesnya suatu objek dibuat dengan meletakkan lapisan yang berurut dari bahan sampai seluruh objek terbuat.

Dengan munculnyateknologimanufaktur *additive*padapertengahan1980-an,Teknologipencetakantigadimensiyang mencetakbendadenganmengandalan ekxtrusi termoplastik untuk pembuatan prototipe/pemodelan. Bahan termo plastic yang digunakan adalah asam polilatic (PLA) dan *acrylolytrile butadiene styrene* (ABS) yang dicetak dengan cara dicairakan menggunakan nosel yang dialirkan secaraberlapissehingga membentuksebuahbenda(Mochammad, DikiMuliawan, Gatot Eka Pramono, Sumadi, 2017)

Teknologi 3D *printing* merupakan sebuah cara pencetakan yang mencetak suatu objek 3 dimensi yang bisa dilihat, dipegang dan mempunyai volume. Proses penciptaan objek 3D dicetak dengan meletakkan lapisan demi lapisan sehingga objek tersebut terbentuk. 3D *printing* ini menggunakan teknik *Fused Deposition Modelling*(FDM)

Salah satu aplikasi yang paling penting dari Printer 3D adalah penggunaan model3Ddalamindustrimedis.Dengan3DPrinter,ahlibedahdapatmenghasilkan maketdaribagiantubuhpasienmerekayangperludioperasi.Saatinihampirsemua dari komponen kedirgantaraan untuk mainan semakin dibangun dengan bantuan printer3D.Printer 3Ddapat memberikanpenghematanbesar padabiaya perakitan

karena dapat mencetak produk yang sudah dirakit. Penggunaan Printer 3D pada perusahaansekarangdapatmelakukaneksperimendenganide-idebarudanbanyak alternatif desain tanpa waktu yang lama atau beban perkakas. Mereka dapat memutuskanapakahkonsepproduklayakatautidakuntukmengalokasikansumber dayatambahan.Printer3Dbahkanbisamenantangmetodeproduksimassaldimasa depan dan juga akan berdampak pada begitu banyak industri, seperti otomotif, medis, bisnis & peralatan industri, pendidikan, arsitektur, dan industri konsumen-produk.

PrinsipDasar3DPrinter

Kebutuhan mencetak tidak lagi sekedar di atas kertas. Kemajuan teknologidapat mewujudkanapa yang adadi imajinasikedalam bentuk yang lebih nyata dan dapat dirasakan melalui sentuhan. Kehadiran 3D *printer*menjawabkebutuhanakanmencetaksebuahdesainsecaradigital menjadisebuahproduknyata.3D*printer*adalahprosespembuatanbenda padat tiga dimensi dari sebuah desain secara digital menjadi bentuk 3D yang tidak hanya dapat dilihat tapi juga dipegang dan memiliki volume.

Jenis-jenis3d Printer

a. DirectAndBinderPrinter3D

Printer 3D jenis direct memiliki mekanisme kerja menggunakan teknologi inkjet. Teknologi ini sudah ada sejak 1960 ketika digunakan pada printer 2D. Meskipun teknologi inkjet digunakan ke dalam printer 3D cara kerjanya pun hampir mirip ketika digunakan ke dalam printer 2D. Dimana inkjet bergerak maju mundur sambil mengeluarkan cairan.

Dan yang membedakan adalah printer 2D inkjet hanya bergerak maju mundur atau horizontal, sedangkan printer 3D inkjet juga bisa bergerak vertikalataupundiagonalsambalmengeluarkancairantetapibukantinta sepertiprinter3Dmelainkanlilindanpolimerplastik.Sedangkanprinter 3D jenis binder dalam proses kerjanya sama menggunakan nozel inkjet untuk menuangkan cairan untuk membentuk setiap lapisan. Tetapi memiliki perbedaan dengan jenis direct, dimana jenis binder untuk melakukan pencetakan menggunakan dua bahan yang terpisah yang berupa bubuk kering dan lem cair. Dengan mekanisme kerja, pertama bubuk kering dilakukan penuangan kemudian diberikan lem cair agar terjadi pengikatan. Begitu seterusnya hingga seluruh proses selesai.

b. PhotopolymerizationDanSintering

Photopolymerization jika diamati dari penamaannya berasal dari kata Photo yang berati cahaya dan polymer yang memiliki arti senyawa kimia plastik. Jadi dapat dikatakan sebagai jenis printer 3D yang memiliki cara kerja dengan meneteskan cairan plastik kemudian diberikan penyinaran laser berupa ultraviolet. Dan selama proses penyinaran ini sanggup merubah cairan menjadi bentuk padat. Sedangkan Printer 3D jenis sintering dalam proses kerjanya melibatkan partikel padat diberikan proses penyinaran. Dan proses semacam ini biasadisebut denganSelective lasersintering(SLS) yakniprosesprinter 3D yang bekerja menggunakan laser untuk mencairkan bubuk plastik yangkemudianmencairdanmembekukembalimembentuklapisan

dicetak. Jenis sintering sangat kompatibel untuk mencetak benda yang berasal dari logam. Karena proses manufaktur pada logam sering membutuhkan mekanisme dari bentuk padat kemudian cair lalu padat lagi.Dankeuntunganyangdihasilkandariprosessinteringadalahtingkat presisi yang tinggi.

Bagian-bagianMesin3D*Printer*

Menurut (Horvath, 2014) mesin3Dprinting yangberbasis fused deposition model (FDM) memiliki beberapa komponen utama mesin seperti:

a. Filamen

Filamen merupakan bahan utama yang digunakan pada saat melakukan pencetakan 3D. Pada saat proses pencetakan berlangsung filamen akan dipanaskan sampai menjadi semi solid yang kemudian akan diekstrusi untuk membuat suatu produk

b. *Frame*(kerangkamesin)

Frameataukerangkamesinmemilikisifatyangkuatdankakuagardapat menopang mesin 3 D *printer* secara sehingga hasil dari proses pencetakan menggunakan mesin 3D *printer* dapat terbentuk secara akurat.



Gambar2.2 :KerangkaMesin
(Sumber:YudhaBikaPratama,2021)

c. PrintHead

*Printhead*merupakansalahsatubagiandarimesin3D*printing*yang memilikifungsiuntukmemanaskanfilamensampaikesuhudiatur.Pada *print head* terdapat 2 bagian yaitu *heater* (pemanas) dan fan (kipas)



Gambar2.3:PrintHead
(Sumber:stainlesssteel304,2022)

d. Nozzle

Nozzle memiliki fungsi untuk mengeluarkan filamen yang telah dicairkan melewati *heater* di mana kualitas dari *nozzle* akan mempengaruhi kemampuan filamen untuk dicairkan dengan baik dan diameter atau tebal dari filamen yang keluar melalui *nozzle.*



Gambar2.4: Nozzle
(Sumber:Nirfana,2023)

e. Bedataubuildplatform

Bedataubuildplatformmemilikipermukaanyangdataryangdapat dipanaskan dan biasanya digunakan sebagai tempat untuk mencetak objek3D.BowdenPadasaatfilamendidorongataupunditarikoleh*drive wheel* yang di gerakan oleh motor maka pengaturan filamen akan dilakukan oleh *Bowden.*



Gambar2.5:Bed
(Sumber:Yuliyanto,2020)

f. Movingparts

Moving part merupakan komponen dari mesin 3D *printer* yang terdiri daribeberapakombinasikomponensepertimotor,belt,kabel,dansystem lain yang menempel pada *pulley*.

g. Electronicscontrol

Electronics control terdiri dari mikroprosesor sebuah board yang berfungsi sebagai kontrol untuk program pada mesin 3D *printer*.

Macam-macamTeknikcetak3D printing

Teknologicetak 3D inipertama kaliditemukan oleh Chuck Hull dari System corp. Sejak itulah printer 3D berkembang dan digunakan secara luas dalam bidang arsitektur, otomotif, militer, medis fashion bahkan *biotech*. Berikut adalah 6 teknik dalam membuat 3D *printing*;

a. *SelectiveLaserSintering*(SLS)

Selective Laser Sintering (SLS) adalah teknik menggunakan laser sebagaisumber dayauntuk membentuk objek3D yang solid. Sistem3D

Incmengembangkan*stereolithography*(SLA)ataumengeraskansebuah objek secara selektif resin polimer lapis demi lapis menggunakan sinar laserultraviolet(UV).*Stereolithography*(SLA)yangdalambeberapahal sangat mirip dengan *Selective Laser Sintering* (SLS), perbedaan utamanyaadalah*SelectiveLaserSintering* (SLS)memakaibahanbubuk di dalam tong bukan resin cair seperti *stereolithography* (SLA). Bahan yang dicetak biasanya terbuat dari nilon, keramik, kaca, dan beberapa jenislogamsepertialuminium,bajadanperak.Karenadapatdifungsikan memakai berbagai jenis bahan, teknologi SLS sangat populer untuk membuat produk 3D *printing* sesuai keinginan.

b. *Stereolithography*(SLA)

Stereolithography atau SLA adalah teknik pertama untuk *3D printing*. Caranyaadalahmenambahkanlayerterus-meneruspada bahan *photopolymer* menuju ke atas. Material yang digunakan pada awalnya adalah *liquid* (cairan) dan akan mengeras ketika *liquid*tersebut terkena sinar *ultraviolet*.

c. *DigitalLightProcessing* (DLP)

Digital Light Processing adalah proses *3D printing* lain yang sangat mirip dengan *stereolithography* (SLA). Bahan yang digunakan untuk pencetakanadalahresinplastikcairyangditempatkandalamwadahresin transparan. Resin akan mengeras dengan cepat ketika terkena cahaya dengan jumlah yang besar. Lapisan material yang dikeraskan dapat dibuat dengan printer tersebut dalam beberapa detik. Hasil pencetakan

akan jauh lebih kuat dan memiliki detail yang sangat baik. Keuntungan DLPdibandingkanSLAadalahjauhlebihsedikit bahan yangdigunakan untuk produksi, sehingga biayanya lebih murah.

d. *ElectronicBeamMelting*(EBM)

ElectronicBeamMelting(EBM)adalahjenislain darimanufakturaditif untuk bagian-bagian logam. Bahan yang digunakan dalam EBM adalah serbuklogamyangmelelehdanmembentuklapisan-lapisansetiapbagian produk 3D. Berbeda dengan SLS, EBM digunakan untuk mencairkan serbuk logamsepenuhnya. Proses ini biasanya dilakukan dibawah suhu tinggi hingga 1000 °C. Proses EBM agak lambat dan mahal, selain itu keterbatasanbahanjuga menjadikekuranganmetodeini,sehinggaEBM tidak begitu populer meskipun masih digunakan dalam beberapa proses manufaktur.

e. *SelectiveLaserMelting*(SLM)

Selective laser melting (SLM) adalah teknik yang juga menggunakan data CAD 3D sebagai sumber data untuk membentuk objek 3D dengan menggunakan sinar laser daya tinggi yang melebur logam. Jenis loga, yang dapat digunakan pada teknik SLM adalah *stainless steel*, titanium, krom kobalt dan aluminium. Metode 3D *printing* ini secara luas diterapkan untuk membuat produk geometri dan struktur kompleks dengan permukaan dan saluran.

f. *FusedDepositionModelling*(FDM)

Fused Deposition Modelling (FDM) digunakan untuk pengembangan produkbaru,konsepmodeldanprototipe.Bahkandalampengembangan manufaktur, teknologi ini dianggap mudah digunakan dan ramah lingkungan. Dengan menggunakan metode pencetakan ini, memungkinkan untuk membangun objek dengan geometri dan rongga yang kompleks.

Carakerja3Dprinting

Material yang digunakan dalam proses 3D *printing* cukup bervariasi, mulai dari bahan plastic, karet, keramik, hingga logam. Proses pencetakan dimulaidengan membuat modeldigitalterlebih dahulu dengan software CAD (*Computer Alidid Design*) atau bisa juga dengan *modeling software* yang sempurna, Selanjutnya, model digital itu dapat dipecah menjadi lapisan demi lapisan yang kemudian akan dicetak secara bertahap menggunakan teknologi 3D.Setiap lapisan akan ditambahkan terus menerus Ketika dicetak, sehingga dapat membentuk objek tiga dimensi yang lengkap.

Manfaat3Dprinting

Adapunmanfaat3D*printing*antaralainyaitu:

a. Membantudalampembuatanprototipesebelumprodukdiproduksi massal.
b. Menghematwaktudanbiayauantukpengembanganprodukbaru.
c. Memberikankebebasanuntukmenciptakansebuahdesainproduk.
d. Memberikankesempatanuntukmembuatkustomisasiproduk.

e. DalambidangKesehatan,teknologiinidigunakan untukmencetak organ dan tulang buatan.

Printing speed

*Printing speed*adalah kecepatan dimana kepala pencetakan bergerak saat mengekstusi filamen untuk membuat representasi fisik dari model 3D. tergantung pada model dan filamen yang digunakan, mungkin perlu menurunkan pencetakan pencepatan agar bisa mendapatkan cetakan berkualitas baik. Meningkatkan pencepatan pencetakan dapat membantu mendapatkanbeberapacetakansedikitlebihcepatdaribiasanya,namunterlalu banyak peningkatan kecepatan dapat di mulai menghasilkan kualitas yang buruk dan kegagalan untuk mencetak model 3D.

*Printing*ataupencetakanadalahsebuahproses industriuntukmemproduksi secara massal tulisan dan gambar, terutama dengan tinta diatas kertas menggunakan sebuah mesin cetak. Pada umumnya ada 2 teknik cara pencetakan, yaitu teknik cetakoffset (Offset Printing) dan teknik cetak digital (DigitalPrintig).Dalamprosesnyateknik*offsetprinting*ini,desainyangsudah disiapkanakandibakarkeplataluminiumdengantintabasah,jenis,teknikyang kedua yaitu teknik cetak digital printing, dimana teknik ini berbasis digital, yang biasanya berupa file, kemudian bisa langsung dicetak diberbagai media dengan cara ya g nlebih cepat. (Fernando et.al, 2022)

UltimakerCura

Cura adalah salahperangkat lunak yang bertujuan untuk mempersiapkan desain yangsudahdirancangdengancaramelakukanprosesslicing(membuat desain menjadi lapisan per lapisan) lalu akan menghasilkan g-code untuk dibuat menggunakan mesin 3D printing (Ultimaker, 2015). Beberapa pengaturan yang dapat diatur di software cura antara lain :

a. LayerHeight Untukmengaturtinggisetiap lapisan.
b. WallThickness6Untukmengaturketebalandindingluarlapisanarah horizontal.
c. InfillDensityUntukmengaturkerapatan.
d. PrintingTemperatureUntukmengatursuhuyangdigunakan.
e. DiameterUntukmengaturdiameterbahanyangdigunakan.
f. PrintSpeedUntukmengaturkecepatankeluarnyabahanyangdigunaka n mesin 3D printing.
g. TravelSpeedUntukmengaturkecepatanpergerakanproses3Dprinting.
h. SupportUntukmemberikanbendabantuanpadaprodukyangdibuatoleh mesin 3D printing. (Sumber : Ahmat Naufal, 2021)

2.1.3UltimakerCura:aplikasiluarbiasauntukmenyiapkanmodeluntuk pencetakan 3D

Saatiniprinter3Dlebihmudahdidapat Karenaadamodeldenganbiayayang cukupterjangkaudandenganitukitadapatmenjelajahuntukmengetahuilebih banyaktentangpengoperasiannyadandapat mendorongdirikitasendiriuntuk belajar membuat model 3D kita sendiri. Tapi untuk ini kita membutuhkan aplikasiitubantukamimembuatmerekadandalamartikelinikitaakan

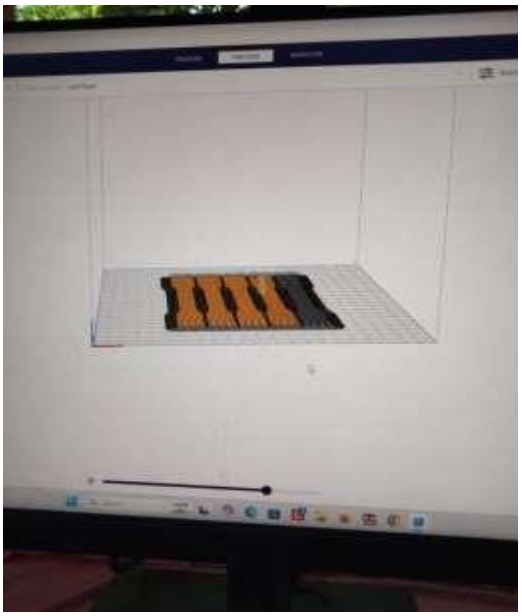
membahastentangapilihanyangsangatbaikyangmemilikinama"Ultimaker Cura".

a. TentangUltimakerCura

Merupakan aplikasi yang dirancang untuk printer 3D, di mana Anda dapat mengubah parameter pencetakan dan kemudian mengubahnya menjadikodeG.InidibuatolehDavidBraan,yangsetelahbeberapasaat akan bekerja untuk Ultimaker, sebuah perusahaan yang berdedikasi untuk desain dan pembuatan printer 3D.Agar perangkat lunak dapat dipertahankan, itu dibuat tersedia di bawah lisensi LGPLv3. Pengembangan di-host di GitHub. Perangkat lunak ini digunakan oleh lebih darisatu juta pengguna diseluruh dunia dan merupakan salah satu perangkat lunakpencetakan3D yangpalingbanyakdigunakandiprinter 3D. Cura Ultimaker**e** ditandai dengan menyediakan antarmuka grafis untuk menyiapkan model untuk pencetakan 3D**,** yang Ini di**s**esuaikan dengan model dan program menentukan skenario printer 3D selama aplikasi berurutan dari setiap lapisan. Dalam kasus yang paling sederhana, itu cukup untuk mengimpor model dalam salah satu format yang didukung (STL, OBJ, X3D, 3MF, BMP, GIF, JPG, PNG), pilih pengaturankecepatandankualitas,lalukirimpekerjaancetak.Adaplug-inuntukintegrasidenganSolidWorks,SiemensNX, AutodeskInventor, dan sistem CAD lainnya. Mesin CuraEngine digunakan untuk menerjemahkan model 3D ke dalam set instruksi printer 3D.

b. ciri-ciriutamaUltimaker Curamenyorotihal-halberikut:

1. Perangkat lunak sumber terbukalintasplatform, tersedia sepenuhnya gratis.
2. Ini memiliki dua jenis penggunaan; mode yang disarankan atau gunakan mode kustom untuk mengkonfigurasi lebih dari 300 pengaturan, untuk kontrol maksimum.
3. Menampilkan profil yang dikonfigurasi, yang membuat penyiapan perangkat keras dan material sederhana dan cepat, serta mencapai hasil yang andal dan professional.
4. DukunganlangsunguntukformatfileSTL,OBJ,X3Ddan3MF.
5. Kemampuanuntukmemperluasfungsionalitasutamanyadenganadd-on.
6. Kemampuan daya untuk mengelola satu atau lebih printer Ultimaker berkemampuan jaringan dari satu antarm.



Gambar2.6UltimakerCura
(Sumber:MattJani,2022)

AplikasiFusion

Autodesk Fusion 360 merupakan program desain tiga dimensi berbasis *cloud* yang diluncurkan oleh Autodesk Inc di tahun 2013 silam. Saat pertama kali diluncurkan *software* yang termasuk program *computer aided design* ini langsung menjadi populer.Kira-kira apa alasannya? Yuk, cari tahu apaituAutodeskFusion360,apasajakeistimewaannya,danmengapaprogram ini sangat populer di kalangan para desainer yang akan dibahas lengkap di artikel berikut. Simak sampai akhir, ya!

SoftwareAutodeskFusion360

Autodesk Fusion 360 adalah program *computer aided design* (CAD) denganfitur*cloud*yangbisadigunakanuntukmenggambardesainduadimensi dan tiga dimensi. Selain itu, Autodesk Fusion 360 juga bisa digunakan untuk simulasi, desain PCB (*Printed Circuit Board*), desain animasi, dan CNC Machining.Pada awal perilisannya, Autodesk Fusion 360 langsung menjadi populer, karena harganya sangat terjangkau, lalu memiliki banyak fitur yang dibutuhkan untuk keperluan profesional dan industri.Di samping itu, alasan Autodesk Inc meluncurkan program Autodesk Fusion 360 berbasis *cloud* ini adalah untuk memproses desain CAD yang rumit melalui jaringan jarak jauh. Denganbegitu, filedesaindapatdiaksesdandieditolehtimsecara *remote*.Jika dibandingkan dengan aplikasi desain grafis lainnya, Autodesk Fusion 360 ini lebih ditujukan untuk industridan bisnis daripada keperluan senidan estetika. Olehkarenaitu,perangkat lunakinikerapdigunakanuntuk mendesainproduk

danmembuatrancanganmanufakturdalam duniabisnis.(Bismael,13 desember 2023).

Fitur-FiturpadaAutodeskFusion360

Fitur-fituryang ditawarkan Autodesk Fusion 360 tidak kalah menarik dengan produk . Autodesk lainnya. Berikut ini fitur-fitur terbaik milik Autodesk Fusion 360.

a. DesaindanPemodelan3D

Autodesk Fusion 360 menawarkan berbagai *tools* desain yang memungkinkan pengguna menggambar tiga dimensi, termasuk desain sketsa, desain permukaan, desain parametrik, desain *free-form*, desain PCB terintegrasi, *sheet metal*, *rendering*, dan desain susunan.

b. Manufaktur

AutodeskFusion360memungkinkanpenggunamenggunakanprogram CNC*machine*secaramudah.Misalnyapenggunabisamembuat2Ddan D *machining*, 3-axis *machining*, posisi multi-axis *machining*, 4 *machining*, 5 axis *machining*, *turn-mill*, *probing*, dan memungkinkan akses ke fitur manufaktur lainnya yang lebih canggih.

c. Elektronik

AutodeskFusion 360 menawarkan fitur akses ke alat elektronik dan desain PCB yang komprehensif, termasuk mendesain skema dan alat tata letak PCB, manufaktur PCB, aturan desain yang bisa disesuaikan, simulasi SPICE, pendinginan elektronik, dan sebagainya.Kemudian,

programAutodeskFusion360inijugamemungkinkandesainerECAD dan desainer MCAD melakukan kolaborasi dalam desain yang sama.

d. Simulasi

Fitur simulasi pada Autodesk Fusion 360 bisa dimanfaatkan untuk membuat prototipe produk. Meskipun desainnya secara digital, tapi bentuk dan fungsinya akan menyerupai prototipe asli. Pengguna dapat menekan, menekuk, mengoptimasi bentuk desain, dan masih banyak lagi. Berkat fitur ini perusahaan tidak perlu menghabiskan anggaran untukmembuatprototipeproduksecarafisiktapicukupmelaluidesain tiga dimensi.

e. DesainGeneratif

Teknologi desain generatif pada Autodesk Fusion 360 memungkinkan pengguna mencobakonsep desain siap produksi dan memaksimalkan bahan baku, proses produksi, dan lain-lain.

f. KolaborasidanManajemenData

Fitur *cloud* yang ditawarkan Autodesk Fusion 360 menjadi salah satu alasanmengapa*software*satuinimemilikibanyakpenggemarterutama untuk keperluan perusahaan manufaktur dan bisnis. Fitur ini memungkinkan pengguna mengelola data dengan mudah dan melakukan kolaborasi dengan tim. Jadi, anggota tim dapat meninjau desain, mengedit, mengubah secara *real-time* kapan saja dan di mana saja.

KeunggulanAutodeskFusion360

Software Autodesk Fusion 360 ini memiliki beberapa keunggulan daripada*software*desainlainnya.Nah,apasajakahkeunggulandariAutodesk Fusion 360 ini?

a. Memiliki fitur *testing* yang persis dengan kondisi asli, karna menerapkannya memakai alat simulasi tiga dimensi.
b. Bisamenerapkandesaindenganbentukbahanbakujadi.
c. Dapatmendesaindenganbasis*ArtificialIntelligence*(AI).
d. Memungkinkan pengguna untuk mengeksplorasi iterasi desain menggunakan bantuan *tools* pemodelan tiga dimensi.
e. DapatmemproduksisukucadangmesinCNCberkualitastinggidengan CAD/CAM yang sudah terintegrasi.
f. Dapatmengakseskedesainelektronikterpadu.
g. Harganyasangatterjangkau.Untukberlangganansatutahuntermasuk lisensi
h. resmi, pengguna hanya perlu mengeluarkan $500 atau setara Rp7.200.000.
i. Adabanyakfiturserbagunadansangatfleksibel.
j. Bisamembuatdesaingeneratif,simulasi,rangkaianlistrik,manufaktur, dan animasi.
k. Pemakaiannyalebihhematwaktukarenaprosesnyacepatdantampilan antar-muka yang *user-friendly*.

l. Penggunabisamerancangdesainproduksesuaikeinginanberdasarkan kesesuaian fungsi, bentuk, hingga nilai estetika.

m. Terdapat *tools*desain berbasisPCBdanelektronik yang bisa dioperasikan secara komprehensif.

n. Bisamengeloladatadenganmudahkarenaaplikasiini berbasis*cloud*.

Spesifikasi Komputer yang Dibutuhkan untuk Menjalankan Autodesk Fusion 360.

Untuk menjalankan program Autodesk Fusion 360 dengan lancar tanpa lemot, minimal kamu membutuhkan perangkat komputer atau *laptop* dengan spesifikasi sebagai berikut:

a. SistemOperasi:Windows8.1,Windows10,Windows11,MacOS 10.15.7Catalina,MacOS12Monterey,MacOS11BigSur.

b. CPU:Prosesor64-bitkeatas,1.7GHz IntelCorei3,danAMDRyzen 3 ke atas.

c. RAM:Minimal8GB.

d. GraphicCard:Minimal1GBVRAM.

e. MemoriPenyimpanan:Minimal3GB.



Gambar2.10:Aplikasifusion360
(Sumber:Yudioktiadi, 2021)

Jenis-jenisFilament

Adapunbeberapajenisfilamenyangdigunakansebagaibahanutamaisiandari 3D printing sebagai berikut :

a. ABS(AcrylonitrileButadieneStyrene)adalahsalahsatubahanyangbanyak digunakan untuk filamen mesin 3d printer. Pemilihan jenis filamen 3d printer bukan tanpa alasan, pertama karena stabil dengan suhu danpaparan kimia. Selanjutnya sangat kuat dan mudah dirapikan dengan penguapan aseton. Kekurangan dari bahan ABS ini adalah tidak bisa di uraikan secara alamikarenamerupakanplasticsintesis.selanjutnyasaat*printing*dilakukan aka nada asap berbahaya yang digunakan. ABS butuhsuhutinggisehingga daya yangdipakaijugabesar.(RichadA.M.Napitupulu1,LestinaSiagian2, Joel Panjaitan3, Miduk Tampubolon4, Libianko, 2021)
b. PLA (PolyLactic Acid) adalah bahan bakunya yang alami sehingga akan terurai kalau di buang ke tanah.
c. HIPS (*HighImpact Polystyrene*), HIPS jugacukup bisadiandalkankarena memiliki kelebihan seperti kekuatan bahan yang sangat tinggi. Selain itu bahan HIPS ini juga fleksibel meski sangat kuat dibanding jenis lainnya.

d. NYLON

bahan nylon juga sangat diandalkan untuk membuat model 3d. alasan penggunaan bahan nylon tidak lain dan tidak bukan adalah masalah kekuatan. Selama ini nylon bnyak digunakan untuk tekstil karena kekuatannya yang sempurna. Kalua diaplikasikan pada model 3d, kemungkinan cepat leleh akan rendah.

e. PVA(*polyvinylAlcohol*)

Jenis filamen yang terbuat dari bahan PVA merupakan bahan organik dan bisa diuraikan dengan mudah. Kalua ada sisa atau residu bisa dibuang ke tanah tanpa memicu pencemaran seperti plastik. Meski bahannya organic, model 3d yang dihasilkan tahan dengan berbagai pelarut dan juga minyak. Bahan PVA juga sangat mudah larut dalam air sehingga tidak merugikan atau meracuni penggunanya.

f. PETG(*Glycol-modifiedpolyethleneterephthalate*)

Menggunakan bahan PETG akan memberikan cukup banyak kelebihan. Beberapa kelebihan itu adalah kekuatannya yang sangat tinggi dan stabil dengansuhutinggi.Jenisfilamen3d*printing*inijugatahandenganpaparan

bahan kimia tertentu. Sayangnya bahan PETG ini tidak *user friendly* alias susahdigunakan.Selanjutnyakaloberadadibawahsinarutra*violet*,produk yang dihasilkan akan mudah rusak meski tahan pada suhu yang tinggi.

g. TPU(thermoplastictolyurethanee)

bahanTPUmemilikiflekxsibilitassepertikaretsehinggatidakmudahpatah.

Jenisfilamen3D*printing*denganbahaninijugacocokuantukmembuat

lapisan-laoisantertentupadamodel3Dyangsedangdihasilakn.Prodekjuga tahan dengan minyak. TPU mudah sekali menggumpal meski masih dalam bentuk *filamen.* (Richad A.M. Napitupulu1, Lestina Siagian2, Joel Panjaitan3, Miduk Tampubolon4, Libianko, 2021)

FilamenPLA

Menurut (Jefferey Ansen, 2019)*Polylactic acid* atau PLA termasuk yang mulainaikdaundandigunakanolehpenggiat3dprinting. AlasanpenggunaanPLA adalah bahan bakunya yang alami sehingga akan terurai kalua dibuang ke tanah. Secara harga produk ini cenderung murah dan membutuhkan daya rendah untuk pencairan. Karena tidak membutuhkan suhu tinggi, bantalan untuk mesin tidak di perlukan lagi. Kemungkinan membakar juga rendah. Kekurangan dari bahan PLA hanyalahmudahmelele, apabilahdisuhu yangsangat tinggi. Hindariterkenasinar matahari agar bentuk model tidak berantakan.

Terdapat cukup banyak jenis filamen yang bisa didapatkan dengan mudah dipasaran seperti poly lactic acid (PLA). PLA merupakan material yang memiliki kelebihan yaitu kemudah dalam perlakuan manufaktur serta biodegradable. Selain itu, filamen PLA juga merupakan filamen yang pali ng mudah didapatkan dipasaran, oleh karena itu membuat jenis filamen ini menjadi yang paling popular dibandingkandenganjenis yanglainnya.Dengankondisisepertiini,sampahbotol yang dibuat dengan PLA akan mengalami pelapukan sehingga menjadi lebih rama lingkungan. Suhu cetak umum PLA adalah antar 190°c hingga 220°c bahan ini sedikitfleksibel,namunmenghasilkancangkangluaryanghalusdaribendatercetak



Gambar2.11:specimen PLA
(Sumber:Gilar Panduannanto,2022)

AlatUjikekuatanTarik

Alat uji tarik, juga dikenal sebagai mesin uji tarik atau mesin uji universal (Universal Testing Machine - UTM), adalah perangkat elektromekanis yang digunakanuntukmenentukankekuatantarikdanperilakudeformasisuatumaterial hingga titik patah. Alat ini mengaplikasikan gaya tarik pada bahan uji dan mengukur gaya serta regangan selama pengujian untuk mendapatkan karakteristik mekanik bahan tersebut, seperti kekuatan tarik maksimum, batas elastisitas, modulus elastisitas, dan elongasi sebelum patah. Komponen utama alat uji tarik meliputi:

a. Loadcell(untukmengukurgayatarik)
b. Crosshead(bagianyangbergerakmenimbulkangayatarik)
c. Extensometer(untukmengukur regangan)
d. Gripataupenjepit spesimen
e. Sistempenggerak(sepertimotor servo)

Alatinisesuaiuntukmengujiberbagaimaterialsepertilogam, polimer,plastik,karet,kain,danlain-lain.Pengujianujitarikbiasanya

digunakan untuk mengetahui apakah suatu material cocok dengan kebutuhan pemakaian yang banyak mengalami beban tarik.

Ada beberapa jenis dan kapasitas alat uji tarik, mulai dari yang untukpengujianbebanringanhinggaalatujitarik dengankapasitasbeban tinggi hingga beberapa ton. Mesin uji tarik modern biasanya dilengkapi dengan perangkat lunak untuk menampilkan kurva gaya terhadap regangan secara real-time dan menghasilkan laporan hasil uji sesuai standar ASTM, ISO, atau JIS.

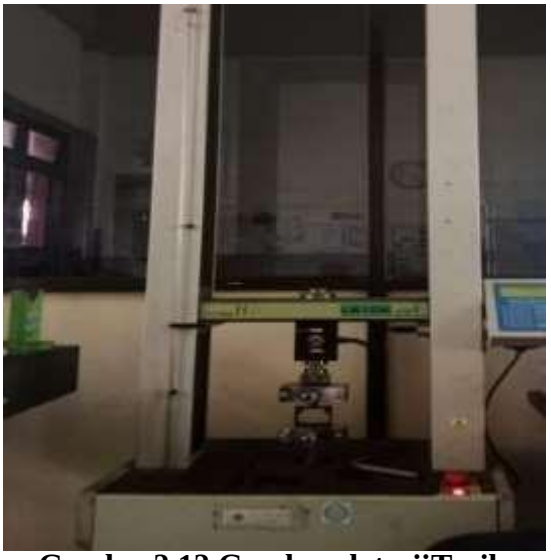
Ringkasankegunaanalatujitarik:

a. Menentukankekuatantarikdanketahananmaterialterhadapbebantarik
b. Mengetahuisifatmekanikdankarakteristikbahan
c. Menjaminkontrolkualitasproduksi material
d. Mendukungpengembangan materialbarudanpeningkatanproduk
e. Menilaikepatuhanterhadap standar dan mengidentifikasipotensi kegagalan material

Beberapatipealat ujitarikyangumumadalah:

a. UniversalTestingMachine (UTM)
b. TensileTesterdenganpengoperasiansederhana
c. ElongationStrengthTesteruntukbahandenganbataspengujiantertentu
d. Mesinujitarik khususuntukbahansepertikaretdanplastik

a. Dengankemampuanini,alatujitariksangatpentingdiberbagaiindustri seperti konstruksi, manufaktur, otomotif, dan penelitian material.



Gambar2.12.Gambaralat ujiTarik
(Sumber:Dokumentasi,2025)

Alatuji bending

Alat uji bending adalah perangkat yang digunakan untuk menguji kekuatan lentur atau kelenturan suatu bahan atau material. Alat ini melakukan pengujian dengan memberikan beban lentur pada sampel bahan untuk mengetahui kemampuan material dalam menahan beban hingga terjadi deformasi atau keretakan.



Gambar:2.13 alatujiBending
(Sumber:Dokumentasi,2025)

Berikut adalahpenjelasandancontohalatujibendingdaribeberapasumber:

1. AlatUjiLapisanBendingCoatingTesterBEND-H1519

   a. Digunakan untuk mengukur elastisitas dan kekuatan lenturlapisan pelapis melalui pembulatan pada batang silinder dengan diameter 1 mm hingga 20 mm.

   b. SesuaidenganstandarISO1519-73.

   c. Pengujian dilakukan dengan membengkokkan pelat cat pada batang silinder dan mengamati retakan atau delaminasi pada lapisan pelapis setelah pembengkokan.

   d. Alat ini mudahdigunakandanportabeluntuk pengujiandilapangan.

2. Jenis-jenisuji bending

   a. Three-point bending (tiga titik): Beban diterapkan di tengah bahan yang ditopang di kedua ujungnya.

   b. Four-point bending (empat titik): Beban diterapkan di dua titik tengah bahanyangditopangdikeduaujungnya,menghasilkandistribusitegangan yang lebih merata.

   c. Prosedur pengujian melibatkan persiapan sampel, penempatan di titik dukungan, penerapan beban, pengukuran deformasi, dan analisis hasil.

   3. ContohAlatUjiBendinglainnya

   a. Paper Board 4 Point Bending Stiffness Tester HD-A546 untuk uji lentur bahan kertas dan karton.

   b. Alat uji bending dengan metode three-point bending berbasis Arduino untuk akuisisi data yang dapat mengukur nilai flexural strength dan modulus elastisitas dengan kapasitas hingga 500 kg. Alat ini dirancang untuk memberikan hasil pengujian yang presisi dan sesuai standar.

4. Alat uji bending juga digunakan untuk pengujian berbagai bahan seperti logam,keramik,dankompositdengansistemhidrolikdanmetodethree-point maupun four-point bending. Ukuran dan dimensi spesimen mempengaruhi hasil pengujian.

Secaraumum,alat ujibendingberfungsiuntukmenentukan kekuatan lentur, elastisitas, dan karakteristik mekanik material yang diuji dengan prosedurdanjenismetodetertentu.Alatinibanyakdigunakandalamberbagai industri dan penelitian material.

Jika Anda membutuhkan informasi lebih spesifik tentang jenis, fungsi, atau rekomendasi alat uji bending tertentu, silakan beri tahu saya! Saya juga dapat menyediakan detail teknis atau contoh produk alat uji bending sesuai kebutuhan Anda.

TahapanEksperimen

Tahap eksperimen uji tarik dan bending secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. TahapPersiapanSpesimen
   a. Potong dan bentuk spesimen uji sesuai standar (misalnya ASTM D638 untuk uji tarik, ASTM D790 untuk uji bending).
   b. Ukurdimensispesimensepertipanjang,lebar,dantebal.
   c. Bersihkanspesimendanpastikanbebasdaricacatyangmempengaruhihasil uji.
2. UjiTarik
   a. Pasangspesimenpada mesinujitarik.
   b. Jalankanmesindengankecepatantertentudancatatgayatarikmaksimum serta pertambahan panjang spesimen sampai spesimen putus.
   c. Datayangdiperolehbiasanyaberupagrafikteganganterhadapregangandan nilai Ultimate Tensile Strength (UTS).
3. UjiBending (Tekuk)
   a. Pasangspesimenpadamesinujibending(biasanyametodethreepoint bending).
   b. Tentukantitiktengahdanposisitumpuanuntukbebanbending.

c. Lakukanpembebanandengankecepatanpenekanankonstansampaispesime n patah atau mengalami deformasi yang cukup.

d. Catatbebanmaksimaldandefleksi,darisinidapatdihitungtegangan bending, modulus elastisitas, dan regangan bending.

4. AnalisisData

a. Analisishasilpengujianberupakekuatantarikmaksimum,teganganluluh, kekuatan bending, dan sifat elastisitas.

b. Bandingkanhasildenganstandar atauspesifikasimaterialyangdiuji.

Tahapan rinci pengujian uji tarik dan bending bisa berbeda tergantung jenis materialdanstandar yangdigunakan, namunumumnya mengikutilangkahdiatas. Berikut ringkasan tahapan pengujian uji tarik dan bending:

JurnalRujukan

Menurut(MuhammadHafizhMubarak1,AthanasiusPriharyotoBayuseno1, RifkyIsmail1,2, 2022) Proses 3D printing membawa perubahan yang besar dalam duniamanufaktur,metode3Dprintingyangpalingpopulardanmurahadalah FDM (fused deposition modeling). Prinsip kerja dari FDM adalah dengan mengekstrusi filamen melalui nozzle yang panas pada melting temperature dari filamen yang digunakan untuk selanjutnya dibuat produk lapis per lapis. Keunggulan dari 3D print adalah dapat membuat produk dengan fleksibilitas tinggi.

Menurut (Frandika Putra Bowo, 2021) Teknologi 3D Printing dikenal dengan sebutan Additive Layer Manufacturing, salah satu teknologi 3D Printing yang terkenal adalah Fused Deposition Modelling (FDM). Prinsip kerja FDM adalah dengancaraekstrusitermoplastikmelaluinozelyangpanaspadamelting

temperatureselanjutnyaprodukdibuatlapisperlapis.Penelitianmengenaipengaruh parameter 3D printing terhadap uji tarik telah banyak dilakukan terhadap material plastik. Sedangkan penelitian mengenai uji impak terhadap material plastik masih belum banyak dilakukan. Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu penelitianuntukmendapatkankekuatanimpakterhadapmaterialplastik.Penelitian ini menggunakan mesin 3D printing FDM model PRUSA area dengan dimensi 220mmX 220mm X 250mmdenganukuran diameter nozel0,4mm. Filamen yang digunakan adalah jenis plastik yaitu filamen ST PLA dengan diameter 1.75mm dengan variasi parameternya yaitu infill geometry (Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig-Zag, Cross, Cross3DdanGyroid), nozzletemperature(210°C, 215 °Cdan220 °C) dan printing speed (30mm/s, 40mm/s dan 50mm/s) yang di tentukan pada ultimaker cura 4.7.1 sehingga menghasilkan 39 sampel yang dicetak. Filamen yang sudah dihasilkan melalui proses ekstrusi lalu dimasukan ke mesin 3D printer melalui feeder yang akan mendorong filamen kearah nozzle. Selanjutnya spesimen diprint sesuai dimensi ASTM D790. Spesimen diprint menggunakan pattern rectilinear dengansuhubed50oC,kecepatangeraknozzle60mm/s,danflowdisetsebesar1,6 mm. Setelah spesimen selesai diprint, spesimen harus didiamkan terlebih dahulu sampai mengeras dan suhunya stabil, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya deformasi pada proses pengangkatan specimen.