

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Teknologi manufaktur telah banyak berkembang di era revolusi industri 4.0. Salah satu teknologi yang saat ini sedang berkembang pesat adalah teknologi 3D *printing*. *Printer* 3D dimanfaatkan untuk mendukung sektor pariwisata lokal Kota Madiun. Dukungan terhadap sektor pariwisata ditunjukkan melalui usaha kreatif pembuatan *souvenir* yang mengangkat tema *icon* Kota Madiun. Lokomotif merupakan salah satu yang menjadi ciri khas Kota Madiun. Melalui usaha pembuatan *souvenir* berbasis teknologi *print* 3D kami berusaha mendukung sektor pariwisata sekaligus mengangkat budaya lokal daerah (Zamzam dkk., 2019).

3D *Printing* adalah sebuah *printing* yang menampilkan data dalam bentuk cetakan, namun berbeda dengan *printing* biasanya yang mencetak data dalam sebuah kertas ataupun lembaran lainnya. Dengan teknologi dari 3D *printing* sebuah perusahaan dapat membuat sebuah *prototype* tanpa harus menghabiskan bahan baku ataupun material. Dalam penelitian ini, dikaji tentang pengaruh parameter *temperature nozzle* dan *base plate* pada material PLA terhadap kehalusan permukaan. Pada proses penelitian ini material yang dipakai adalah *Polylactic Acid* (PLA) yang kemudian akan dibentuk menjadi spesimen dengan ukuran 30 mm x 30 mm x 10 mm. Dengan menggunakan *temperature nozzle* yaitu 190°C, 205°C, 220°C dan *temperature base plate* 30°C dan 50°C (Hakim dkk., 2019).

Pola cetakan 3D *printing* merupakan bahan pengganti pola lilin dengan metode *investment casting*, karena sifatnya yang mudah meleleh. Proses pembuatan pola menggunakan cetakan pola (*die*) dari proses *machining*. Pola yang sudah jadi akan dipanaskan 100 - 110°C sampai pola cetakan leleh dan keluar dari pola cetakan (Ghani dkk., 2020).

filament PLA dengan diameter 1.75 mm dengan variasi parameternya yaitu *infill geometri* (*Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig-Zag, Cross, Cross 3D* dan *Gyroid*), *Printing speed* (40 mm/s, 50 mm/s dan 60 mm/s), *flowrate* (80%, 90% dan 100%) dan

cooling speed (40%,50% dan 60%) yang di tentukan pada *ultimaker cura 4.7.1* (Irfany dkk., 2021).

2.2 3D Printing

Salah satu teknologi di dalam industri 4.0 adalah *3D printing*. Pencetakan 3D adalah proses di mana objek padat 3D dari berbagai bentuk atau geometri dapat dibuat dari *file digital*. Penciptaan dicapai dengan meletakkan lapisan berturut-turut dari bahan tertentu sampai seluruh objek dibuat. Masing - masing lapisan ini mewakili potongan melintang *horizontal* yang diiris tipis (mirip dengan *output* dari *printer* biasa, inilah mengapa disebut pencetakan) dari objek akhirnya, berbeda dengan metode manufaktur tradisional yang bergantung pada penghapusan bahan untuk buat sesuatu (Bhatia, 2015).

Keunikan dari penggunaan *3D printing* ini adalah hasil objek yang dicetak tersebut tidak akan diletakkan atau ditampilkan di atas kertas. Dengan adanya *3D Printing*, maka manusia akan mulai terbangun dan semakin terbangun imajinasinya untuk membuat sebuah duplikat atau tampilan dari suatu benda menjadi lebih nyata alias persis dengan objek aslinya (Zakaria, 2020).



Gambar 2. 1 3D Printing
(Zakaria, 2020)

2.2.1 Mekanisme Pada Mesin *Printer 3D*

1. Model Objek 3D

Model objek 3D dapat dibuat dengan menggunakan *software* khusus untuk model *desain 3D* yang *printer* mendukung contohnya *solidwork*, *catia*, *autocad* dan *delcam*.

2. Proses *Printing*

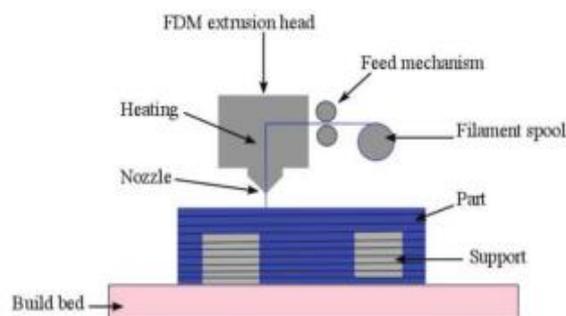
Apabila desainnya sudah dibuat anda bisa langsung *print* di mesin *printer* 3D. Kemudian proses pencetakan ini tergantung dari besar dan ukuran model. Proses *printing* menggunakan prinsip *Additive Layer* dengan rangkaian proses mesin membaca rancangan 3D dan mulai menyusun lapisan secara berturut turut untuk membangun model virtual digabungkan secara otomatis untuk membentuk susunan lengkap yang utuh.

3. *Finishing*

Pada tahap ini anda dapat menyempurnakan bagian bagian kompleks yang bisa jadi disebabkan oleh *over sized* atau ukuran yang berbeda dari yang diinginkan. Teknik tambahan untuk menyempurnakan proses ini dapat pula menggunakan teknik *multiple material* atau kombinasi warna (Satria, 2019).

2.3 *Fused Deposition Modelling (FDM)*

FDM (*Fused Deposition Modelling*) merupakan teknologi *additive manufacturing* yang digunakan dalam pemodelan, prototipe dan produksi. Dalam proses pencetakan FDM *filament* diekstrusi atau dilelehkan oleh *nozzle* (Alsoufi dan Elsayed, 2017). Kepala cetak atau *nozzle* bergerak pada sumbu X dan Y dengan mengekstrusi *filament* sesuai dengan desain model 3D. Proses ekstrusi dilakukan lapis demi lapis, setelah satu lapisan *filament* selesai *nozzle* bergerak pada sumbu Z atau *vertikal* untuk memulai lapisan baru pada lapisan sebelumnya. Proses ini dilakukan secara berulang hingga tercetak model 3D yang di *desain* (Parandoush dan Dong Lin, 2017). Proses ekstrusi *filament* ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. 2 Ilustrasi Proses FDM
(Christiliana, 2021)

2.3.1 Filament Polylactic Acid (PLA)

Polylactic Acid (PLA) merupakan bahan yang terbuat dari sumber daya terbarukan. PLA berasal dari tanaman seperti tepung jagung, akar tapioka dan tebu. Bahan yang menyusun PLA yaitu monomer asam laktat atau laktida ($C_3H_6O_3$). PLA memiliki beberapa manfaat yaitu *biodegradable* atau terurai secara hayati, serta PLA merupakan termoplastik, artinya dapat dilebur dan dibentuk kembali, sehingga secara mekanis PLA dapat didaur ulang. Kelebihan PLA yaitu bersifat *biodegradable* dan memiliki karakteristik yang mirip dengan *polypropylene* (PP), *polyethylene* (PE), atau *polysterene* (PS) yang biasa menekan biaya produksi (Satria, 2019).



Gambar 2. 3 Filament Polylactic Acid (PLA)
(Satria, 2019)

Karakteristik dari *filament* PLA tidak beracun, menyusut saat dipanaskan sehingga cocok digunakan untuk wadah plastik. Sifatnya yang mudah larut dapat digunakan untuk pencetakan 3D *printing*. Namun disatu sisi suhu transisi yang relatif rendah menjadikan *filament* ini tidak cocok bersentuhan dengan cairan panas yang berlebihan. Menurut beberapa literatur waktu pelapukan *filament* ini berkisar 6 hingga 24 bulan yang disebabkan oleh kelembaban, suhu dan debu (Satria, 2019).

Tabel 2. 1 Spesifikasi *Filament* PLA (Christiliana, 2021)

| | |
|------------------------------|-----------------------|
| <i>Filament Diameter</i> | 1,75mm |
| <i>Printing Temperature</i> | 190 – 220°C |
| <i>Build Bed Temperature</i> | 0 - 60°C |
| <i>Print Speed</i> | 30 – 80mm/s |
| <i>Layer Height</i> | 0,1 – 0,3mm |
| <i>Specific Gravity</i> | 1,25g/cm ³ |
| <i>Tensile Strength</i> | 58Mpa |

2.4 Computer Aided Design (CAD)

Computer Aided Design adalah suatu perangkat lunak komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol - simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi, 3 dimensi dan *solid modeling*. Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar kini perangkat lunak CAD telah berevolusi dan terintegrasi dengan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Integrasi itu dimungkinkan karena perangkat lunak CAD saat ini merupakan aplikasi desain produk/komponen dalam bentuk *solid* atau *surface modelling*. *Solid* model memungkinkan kita untuk memvisualisasikan komponen dan rakitan yang kita buat secara realistis. Selain itu model mempunyai properti seperti massa, *volume*, pusat gravitasi, luas permukaan dan sebagainya. Beberapa perangkat lunak CAD yang digunakan di Indonesia yaitu: *Alias*, *CATIA*, *Autodesk® Inventor®*, *Pro/ENGINEER®*, *Parasolid®*, *SolidWorks™* dan *Power Shape* dan UGS NX (Dicky dkk., 2017).

2.5 Ultimaker Cura

Software Ultimaker Cura berfungsi untuk mengetahui alur proses nilai dari 3D model di komputer hingga menjadi benda nyata. Setelah objek 3D dibuat kemudian di *export* dalam bentuk *extension *.stl* untuk dilakukan proses *slicing* (Basri dkk, 2021).



Gambar 2. 4 *Ultimaker Cura*

2.6 Molding

Mold (Cetakan) adalah alat untuk menghasilkan produk. menghasilkan sebuah *mold* secara tepat tentunya banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Dengan demikian, produk yang dihasilkan dapat memenuhi standar kualitas yang diinginkan secara optimal, baik sepresisian dimensi, kompleksitas geometri, dan efisiensi proses (Saifuddin, 2018).

Proses pencetakan produk, terdapat kebutuhan untuk mendapatkan produk yang optimal. Beberapa diantaranya ialah dari sisi tampilan produk, efisiensi proses maupun waktu berproduksi, pengaruh dari berbagai unsur selain yang bersumber pada proses pembuatan / proses manufaktur, dan proses pencetakannya (Saifuddin, 2018).

Cetakan (*mold*) suatu alat/ *tool* yang digunakan untuk membentuk *part* sesuai dengan desain yang kita inginkan (bentuk dan dimensi). Definisi lainnya, cetakan (*mold*) merupakan suatu rongga yang memiliki bentuk tertentu (sesuai *design*). Cetakan adalah bagian terpenting untuk mencetak plastik karena bentuk benda plastik tergantung dari bentuk cetakan (Arief dkk., 2018).



Gambar 2. 5 Cetakan

2.7 Epoxy Resin

Resin *epoxy* adalah suatu subjek yang terdiri dari dua komponen yaitu resin dan pengeras. Dengan mencampurkan dua komponen tersebut, terjadilah reaksi kimia sehingga cairan resin mengeras menjadi plastik yang padat. Hasilnya berupa subjek baru yang terlihat padat dengan permukaan mulus serta berkilau. Hasilnya

dapat berupa gantungan kunci resin bening dengan objek bunga, nama di dalamnya, dan berbagai hasil yang lainnya (Hana dkk., 2022).



Gambar 2. 6 Epoxy Resin dan Katalis

2.8 Kekasaran Permukaan

Permukaan benda adalah batas yang memisahkan antara benda padat tersebut dengan sekelilingnya. Permukaan merupakan suatu karakteristik geometri golongan mikrogeometri, yang termasuk golongan makrogeometri adalah permukaan secara keseluruhan yang membuat bentuk atau rupa yang spesifik, misalnya permukaan lubang, permukaan poros, permukaan sisi dan lain yang tercakup pada elemen geometri ukuran, bentuk dan posisi (Setiawan, 2021).

1. *Ideal surface roughness*

Yaitu kekasaran ideal yang dapat dicapai dalam suatu proses pemesinan dengan kondisi ideal.

2. *Natural surface roughness*

Yaitu kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses pemesinan karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi proses pemesinan.

Parameter kekasaran yang biasa dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan benda adalah kekasaran rata-rata (R_a). Harga R_a lebih sensitif terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. R_a dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Berikut ini merupakan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya (Setiawan, 2021).

Tabel 2. 2 Toleransi nilai kekasaran rata-rata R_a permukaan (Setiawan, 2021)

| No. | Kelas Kekasaran | Harga R_a (μm) | Panjang Sampel (mm) |
|-----|-----------------|-------------------------------|---------------------|
| 1. | N1 | 0,0025 | 0,08 |
| 2. | N2 | 0,05 | |
| 3. | N3 | 0,0 | 0,25 |
| 4. | N4 | 0,2 | |
| 5. | N5 | 0,4 | |
| 6. | N6 | 0,8 | |
| 7. | N7 | 1,6 | |
| 8. | N8 | 3,2 | 0,8 |
| 9. | N9 | 6,3 | |
| 10. | N10 | 12,5 | 2,5 |
| 11. | N11 | 25,0 | |
| 12. | N12 | 50,0 | 8 |

2.9 Pengujian Kekasaran

Kekasaran merupakan ukuran dari tekstur permukaan. Tingkat kekasaran yang dimiliki oleh suatu material tidak cukup menggunakan indra praba, apalagi hanya dilihat secara kasat mata. Harus ada acuan dan parameter – parameter yang digunakan peneliti untuk mengetahui seberapa kasar material tersebut. Adapun penyebabnya beberapa macam faktor diantaranya yaitu parameter pemotongan, geometri, dan dimensi pahat. Kualitas hasil suatu produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan benda kerja (Salbiah, 2021).

Parameter pengukuran kekasaran permukaan umumnya menggunakan tiga buah parameter, yaitu R_a , R_z , dan R_{maks} . R_a adalah nilai rata-rata kekasaran, R_z adalah nilai rata-rata maksimum kekasaran dan R_{maks} adalah nilai maksimum kekasaran permukaan. Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui nilai R_a dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$R_a := \frac{a+b+c...+n}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

R_a = Kekasaran rata-rata (μm)

a = Nilai Hasil uji Kekasaran 1 (μm)

b = Nilai Hasil uji Kekasaran 2 (μm)

c = Nilai Hasil uji Kekasaran 3 (μm)

n = Jumlah banyaknya data

2.10 Alat Uji Kekasaran

Ada banyak sekali jenis – jenis pengukuran kekasaran permukaan, salah satunya yang terdapat pada Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya yaitu *type Surface Roughness* TR200. Adapun spesifikasi alat *surface roughness* TR200 antara lain:

Tabel 2. 3 Spesifikasi *Surface Roughness* TR200 (Setiawan, 2021)

| Model | TR200 |
|------------------------------|---|
| <i>Roughness Parameters</i> | $R_a, R_z, R_q, R_t, R_p, R_{max}, R_v, R_{3z}, R_S, R_{S_m}, R_{S_k}, R_{m_r}$ |
| <i>Assessed Profiles</i> | <i>Primary Profile (P)</i> |
| <i>Mode</i> | TR200 |
| <i>Unit</i> | mm, inch |
| <i>Display Resolution</i> | 0,01 μm |
| <i>Measuring Range</i> | $R_a: 0,025-12,5 \mu\text{m}$ |
| <i>Cut Off Length</i> | 0,25 mm/ 0,8 mm/ 2,5 mm/ <i>Auto</i> |
| <i>Max. Driving Length</i> | 17,5 mm/ 0,7 inch |
| <i>Min. Driving Length</i> | 1,3 mm/ 0,051 inch |
| <i>Accuracy</i> | $\leq + 10\%$ |
| <i>Power</i> | <i>Li-ion Battery Rechargeable</i> |
| <i>Dimension (L x W x H)</i> | 141 x 56 x 48 mm |
| <i>Weight</i> | 480 gram |