

**PENERAPAN SISTEM *CAM* MESIN *3D PRINTING*
BANGUNAN SIPIL BERBASIS *SOFTWARE*
*ULTIMAKER CURA***

Proyek Akhir
Disusun sebagai salah satu syarat untuk
Menyelesaikan Pendidikan Diploma III

Oleh:

Adrian Prayitna
220313001



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN PROYEK AKHIR

PENERAPAN SISTEM CAM MESIN 3D PRINTING

BANGUNAN SIPII BERBASIS SOFTWARE

ULTIMAKER CURA

oleh

Adrian Prayitna

220313001

Program Studi Teknologi Manufaktur

Politeknik Manufaktur Bandung

Menyetujui,

Tim Pembimbing

Tanggal 6 Juli 2023

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr.Heri Setiawan,ST.,MT

NIP.196707011992031001

Pandoe, ST., MT.

NIP. 196903031995121002

ABSTRAK

Mesin *3D printing* bangunan sipil adalah salah satu teknologi terbaru dalam industri konstruksi yang memungkinkan pembuatan struktur beton secara otomatis dengan menggunakan material berbasis beton. Salah satu komponen penting dalam mesin *3D printing* bangunan adalah sistem *CAM* yang berfungsi untuk menghasilkan *G-Code* atau instruksi cetak berdasarkan desain yang telah dibuat. Sistem *CAM* merupakan perangkat lunak yang dapat mempermudah proses pencetakan *3D* model dengan bantuan komputer.

Mesin *3D printing* bangunan sipil membutuhkan sistem *CAM* yang kompatibel dengan *controller* mesin agar pembuatan *3D* model dari konstruksi yang akan dibangun dapat dijalankan. Maka dari itu diterapkan sistem *CAM* berbasis *Software Ultimaker Cura* untuk menjembatani antara *3D* model dengan *CNC controller* agar mesin dapat beroperasi. Proses pembuatan *CAM* dimulai dari *import file 3D* model bangunan dari sistem *CAD*, lalu *3D* model bangunan dikonversi menjadi bahasa pemrograman berupa *G-Code* menggunakan *software CAM Ultimaker Cura v5.3.1* dengan penyesuaian parameter mesin *3D printing* bangunan sipil yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung.

Dari penerapan sistem *CAM* pada *Software Ultimaker Cura* hasil uji coba penginputan program *G-Code* pada *Controller* mesin *3D printing* bangunan sipil berbasis komputer, yaitu *Mach3.Tool-path* yang dihasilkan pada *Mach3* ini sesuai dengan yang dihasilkan dari proses pembuatan *CAM* pada *Software Ultimaker Cura* dan program *G-Code* dapat dibaca dengan baik oleh *Mach3* walaupun perlu pengujian lebih lanjut untuk penyesuaian pergerakan agar parameter yang sudah diatur pada *Ultimaker Cura* dapat berjalan sesuai saat proses pencetakan.

Kata Kunci: *3D printing* bangunan sipil, Sistem *CAM*, Sistem *CAD*, *Ultimaker Cura*, *CNC Controller*, *Mach3*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menyusun karya tulis ini yang berjudul: “PENERAPAN SISTEM CAM MESIN 3D PRINTING BANGUNAN SIPIL BERBASIS *SOFTWARE ULTIMAKER CURA*”.

Karya tulis ini disusun sebagai syarat kelulusan Pendidikan Program Diploma III di Politeknik Manufaktur Bandung. Dalam penyusunan karya tulis ini, tidak terlepas dari berbagai pihak yang sangat membantu dalam seluruh pembuatan dan pengerjaannya. Oleh sebab itu, disini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Tuhan yang maha esa yang selama ini memberikan kesempatan dan kesehatan sehingga penulis dapat melaksanakan proyek akhir ini.
2. Kedua orang tua saya serta kedua saudara saya yang selalu memberi motivasi, semangat dan do'a untuk keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
4. Yth Bapak Jata Budiman selaku Ketua Jurusan Teknik Manufaktur.
3. Yth Bapak Dr.Heri Setiawan,ST., MT. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknologi Manufaktur sekaligus pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan pada pengerjaan proyek akhir.
5. Yth Bapak Pandoe, ST., MT. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan pada pengerjaan proyek akhir.
6. Kepada seluruh teman-teman Jurusan Teknik Manufaktur khususnya di 3 MEC yang telah memberi kritik dan saran saat pembuatan proyek akhir berlangsung.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan proyek akhir ini.

Besar harapan penulis agar karya tulis ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca. Akhir kata, semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis.

Bandung, 6 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK..... | i |
| KATA PENGANTAR..... | ii |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR GAMBAR..... | v |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Ruang lingkup Kajian | 2 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II LAPORAN TEKNIK..... | 4 |
| 2.1 Landasan Teori..... | 4 |
| 2.1.1 <i>Additive Manufacturing 3D Printing</i> | 5 |
| 2.1.2 Prinsip Kerja <i>3D Printing</i> | 5 |
| 2.1.3 <i>3D concrete printing (3DCP)</i> | 6 |
| 2.1.4 Material <i>3D Concrete Printing (3DCP)</i> | 7 |
| 2.1.5 Kesumbuan Pada Mesin <i>3D Printing</i> | 8 |
| 2.1.6 <i>Computer Aided Manufacturing (CAM)</i> dan <i>3D Slicer</i> | 8 |
| 2.1.7 <i>Software CAM</i> | 9 |
| 2.1.8 <i>Software Ultimaker Cura</i> | 14 |
| 2.1.9 Perhitungan <i>Screw Extruder</i> | 18 |
| 2.1.10 Standar <i>G- Code 3D Printing</i> | 19 |
| 2.2 Metodologi Penyelesaian | 21 |
| 2.3 Sistem <i>CAM 3D Printing</i> Bangunan Sipil | 25 |
| 2.4 Hasil | 28 |
| 2.4.1 <i>Import file CAD</i> dalam format <i>STL</i> | 28 |
| 2.4.2 Proses <i>CAM</i> Mesin <i>3D Printing</i> Bangunan Sipil dengan <i>Software Ultimaker Cura</i> | 29 |
| BAB III KESIMPULAN DAN SARAN | 48 |
| 3.1 Kesimpulan | 48 |
| 3.2 Saran | 48 |

| | |
|---------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA..... | ix |
| LAMPIRAN A-1 | ix |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Skema Landasan Teori | 4 |
| Gambar 2.2 Stereolithography Oleh Charles W. Hull..... | 5 |
| Gambar 2. 3 Konstruksi mesin 3D Printing bangunan sipil | 6 |
| Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Mesin 3DCP | 7 |
| Gambar 2. 5 Kesumbuan pada Mesin 3D Printing..... | 8 |
| Gambar 2. 6 Proses CAM..... | 9 |
| Gambar 2. 7 Tampilan Software Ultimaker Cura..... | 10 |
| Gambar 2. 8 Tampilan Software Slic3r | 10 |
| Gambar 2. 9 Tampilan Software Simplify3D..... | 11 |
| Gambar 2. 10 Software Ultimaker Cura..... | 14 |
| Gambar 2. 11 Jenis-jenis Printer..... | 15 |
| Gambar 2. 12 Tampilan pengaturan cetak..... | 15 |
| Gambar 2. 13 Tampilan Slicing..... | 16 |
| Gambar 2. 14 Tampilan pratinjau cetak | 16 |
| Gambar 2. 15 (a) Simulasi pencetakan, (b) Estimasi waktu dan panjang filamen pencetakan | 17 |
| Gambar 2.16 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian | 21 |
| Gambar 2. 17 Diagram Alir Sistem CAM..... | 25 |
| Gambar 2.18 Proses Import file CAD. | 28 |
| Gambar 2.19 Custom Machine setting pada Custom printer | 30 |
| Gambar 2. 20 Custom Machine setting pada Printer Anycubic i3 Mega S/Pro | 31 |
| Gambar 2. 21 Pengaturan Custom Material Geopolimer | 32 |
| Gambar 2. 22 Custom parameter Layer Height..... | 33 |
| Gambar 2. 23 Pengaturan Custom Wall Thickness | 34 |
| Gambar 2.24 Pengaturan Custom Top/Botton Thickness | 34 |
| Gambar 2. 25 Pengaturan Print Speed..... | 35 |
| Gambar 2. 26 Pengaturam Custom Infill..... | 38 |
| Gambar 2. 27 (a) Infill Pattern jenis Grid, (b) Infill pattern jenis Zig Zag..... | 38 |
| Gambar 2. 28 Pengaturan Custom Travel | 39 |
| Gambar 2. 29 Overhang pada desain bangunan | 40 |
| Gambar 2. 30 Pengaturan Post-processor script..... | 41 |
| Gambar 2. 31 Proses Slicing dinding bangunan..... | 42 |
| Gambar 2. 32 Estimasi waktu, total massa mortar dan panjang filamen..... | 42 |

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 33 Data perhitungan biaya | 42 |
| Gambar 2. 34 Simulasi G-Code pada Software Mach3..... | 46 |
| Gambar 2. 35 Pergerakan Program..... | 47 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Kekurangan dan Kelebihan <i>Software CAM</i> | 12 |
| Tabel 2. 2 Penjelasan Metodologi Penyelesaian | 22 |
| Tabel 2. 3 Penjelasan Sistem CAM 3D Printing Bangunan Sipil | 26 |
| Tabel 2. 4 Material Properties Geopolimer | 32 |
| Tabel 2. 5 Waktu tempuh nozzle pada 1 layer | 36 |
| Tabel 2. 6 Kecepatan minimum dan maksimum nozzle..... | 37 |

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Standar *G-Code* dan *M-Code* pada *3D Printing*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, industri manufaktur selalu mengalami perkembangan secara terus menerus sehingga kemajuan dalam bidang teknologi manufaktur dapat mempermudah dan mempercepat proses pengerjaan produksinya, begitu juga kaitannya dengan teknologi sipil yang menerapkan metode *Additive Manufacturing* dengan cara *3D printing* untuk pembuatan bangunan.

Additive Manufacturing atau yang lebih dikenal dengan *3D printing* adalah proses manufaktur dengan cara menambahkan material secara lapis demi lapis (*layer by layer*) sehingga dapat membentuk suatu yang dinamakan *finished product*. Dengan demikian pembuatan bangunan dapat dioperasikan oleh *3D printing* yang waktu pengerjaannya relatif lebih cepat dibandingkan dengan pembuatan oleh tenaga manusia.

Mesin *3D printing* bangunan sipil merupakan suatu mesin yang menggunakan printer *3D* yang khusus dirancang untuk mencetak bahan beton. Bahan beton dicampur dengan bahan tambahan seperti bahan pengikat atau aditif lainnya. Kemudian, mesin akan mengatur cetakan atau model yang telah dirancang pada komputer dan mencetak objek beton lapisan per lapisan hingga bentuk objek yang diinginkan tercapai. Mesin *3D printing* bangunan sipil ini memerlukan sistem pemrograman komputer yang mampu berperan sebagai jembatan antara desain *3D* model konstruksi bangunan dengan proses manufakturnya, sehingga diperlukan sistem *CAM* (*Computer Aided Manufacturing*). Dimana penggunaan sistem *CAM* pada Mesin *3D printing* bangunan sipil memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memprogram mesin secara digital, sehingga meningkatkan presisi dan kecepatan produksi.

Penulis memilih Penerapan sistem *CAM* berbasis *Software Ultimaker Cura* sebagai media pembelajaran dalam membuat sistem pemrograman pada mesin *3D printing* bangunan sipil dan menjadikannya sebagai pengerjaan tugas Proyek Akhir untuk menyelesaikan Pendidikan diploma III di Politeknik Manufaktur Bandung. Berdasarkan latar belakang diatas, penulis mengambil proyek akhir dengan judul “Penerapan Sistem *CAM* Mesin *3D printing* bangunan sipil berbasis *Software Ultimaker Cura*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah diantaranya:

1. Bagaimana penggunaan sistem *CAM* pada mesin *3D printing* bangunan sipil?
2. Bagaimana kecocokan *software CAM* yang dipakai untuk mesin *3D printing* bangunan sipil?
3. Bagaimana proses *CAM* berbasis *Software Ultimaker Cura* dalam proses pencetakan *3D* bangunan sipil?
4. Bagaimana menerjemahkan model *3D* dari *software CAD* ke dalam instruksi mesin berupa *G-Code*?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan ini dibuat agar pembaca memahami maksud serta tujuan dari penulisan kajian ini. Adapun berdasarkan rumusan masalah yang ada, tujuan dari penulisan ini adalah:

1. Mengetahui sistem *CAM* yang terdapat pada mesin *3D printing* bangunan sipil
2. Mengetahui penerapan *software CAM* yang dipakai untuk mesin *3D printing* bangunan sipil.
3. Mengetahui proses simulasi *CAM* berbasis *Software Ultimaker Cura* pada proses pencetakan dinding bangunan sipil.
4. Membuat program *G-Code* yang dihasilkan sistem *CAM* pada *Software Ultimaker Cura* untuk dapat diaplikasikan pada *controller* mesin *3D printing* bangunan sipil.

1.4 Ruang lingkup Kajian

Ruang lingkup kajian merupakan batasan banyaknya subjek dalam sebuah kajian agar apa yang dibahas menjadi terfokus pada beberapa poin tertentu dan tidak meluas pembahasannya. Pada karya tulis ini, beberapa poin dari ruang lingkup kajian meliputi:

1. Alternatif sistem *CAM* pada mesin *3D printing* bangunan sipil.
2. Pemilihan sistem *CAM* yang sesuai dengan *controller* mesin *3D printing* bangunan sipil.
3. Proses simulasi pada sistem *CAM* dengan *Software Ultimaker Cura v5.3.1*.
4. Proses pengiriman program *G-Code* yang dihasilkan *Software Ultimaker Cura* kepada *Software Mach3* sebagai *controller* mesin *3D printing* bangunan sipil.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam pembuatan dan penyusunan karya tulis ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari 3 bab. Sistematika penulisan ini diuraikan dengan cara sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang pembuatan proyek akhir, rumusan masalah, tujuan penulisan pada proyek akhir, ruang lingkup kajian yang akan penulis sajikan pada laporan proyek akhir, dan sistematika penulisan pada laporan proyek akhir.

BAB II LAPORAN TEKNIK

Pada bab ini menguraikan tentang laporan teknik, dimana terdapat pembahasan mengenai landasan teori, metodologi penyelesaian pada proyek akhir penulis, hasil kegiatan proyek akhir dan literatur teori-teori dasar yang mendukung pembuatan karya tulis ini. Teori-teori ini juga digunakan dalam pembahasan perancangan sistem *CAM* mesin *3D Printing* bangunan sipil. Dijelaskan juga tahapan proses *CAM* mesin mulai pemindahan desain konstruksi bangunan dari *software CAD* hingga proses pembuatan *CAM* untuk pencetakan model *3D* bangunan sipil.

BAB III KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi mengenai kesimpulan pembahasan dari bab sebelumnya serta saran yang diperlukan untuk pembaca yang berniat untuk membuat maupun melakukan pengembangan perancangan sistem *CAM* pada kontrol mesin *3D printing* bangunan sipil.