

**PEMBUATAN KONSTRUKSI *NOZZLE MORTAR*
GEOPOLIMER UKURAN DIAMETER 30 mm
PADA MESIN *3D PRINTING* BANGUNAN SIPIL**

Proyek akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
Menyelesaikan Pendidikan Diploma III

Oleh

Indri Kartika

220313010



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

2023

LEMBAR PENGESAHAN
“ PEMBUATAN KONSTRUKSI *NOZZLE MORTAR* GEOPOLIMER UKURAN
DIAMETER 30 mm PADA MESIN *3D PRINTING* BANGUNAN SIPIL ”

Oleh :
Indri Kartika
220313010

Program Studi Teknologi Manufaktur, Jurusan Teknik Manufaktur,
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 11 Agustus 2023

Disetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Nandang Rusmana, ST., MT.

NIP. 197206181998031003

Akil Priyamanggala Danadibrata, ST., MT.

NIP. 196407271989031003

Disahkan,

Ketua Penguji

Iwan Gunawan, ST., MT.

NIP. 196001031985031002

Penguji 1

Antonius Adi Soetopo, SST., MT.

NIP. 196506102003121001

Penguji 2

Andri Pratama, SST., M.Sc.

NIP. 198509252018031000

ABSTRAK

Mesin *3D Printing* bangunan sipil adalah salah satu teknologi terbaru dalam industri konstruksi yang memungkinkan pembuatan objek tiga dimensi dari sebuah model CAD dengan menambahkan material cetak lapis per lapis. Penggunaan mesin *3D printing bangunan sipil* dapat mengoptimalkan waktu konstruksi, biaya, fleksibilitas desain, dan mengurangi kesalahan serta ramah lingkungan.

Mesin *3D printing* bangunan sipil membutuhkan sebuah alat atau perangkat untuk mengontrol bentuk dan jumlah dari aliran material saat keluar atau memasuki media cetak. Maka dari itu dibutuhkan sebuah konstruksi sebagai penampung dan pengatur keluaran aliran material yang disebut dengan *Nozzle*. *Nozzle* akan menyimpan *mortar* geopolimer pada bagian *hopper*, kemudian dengan putaran *extruder* yang diatur oleh motor servo AC, maka *mortar* geopolimer akan keluar menjadi bentuk tertentu melalui *nozzle head*. Dengan putaran motor *extruder* 1,172 rpm, banyaknya *mortar* yang keluar adalah 596,85 cm³ dengan massa 1,43 kg sepanjang 88,45 cm dan lebar 30 mm.

Pembuatan konstruksi *nozzle mortar* geopolimer meliputi proses perencanaan, proses pemesinan dan pabrikan, dan proses *assembly*. Berdasarkan hasil perencanaan ini, didapatkanlah konstruksi *nozzle* terdiri dari 16 komponen non standar dengan material ST 37, *Stainless steel 304*, dan teflon yang melalui proses pemotongan, pengerollan, pengeboran dan pembubutan. Metode penyambungan pada konstruksi *nozzle* ini adalah baut dan las, dimana pembebanan dibagi menjadi 4 titik agar konstruksi seimbang. Berat total konstruksi adalah 101,86 kg dengan besar tegangan geser yang terjadi pada tiap baut adalah 7,61 N/mm² dan besar tegangan kampuh las pada tiap titik adalah 0,58 N/mm². Dengan perhitungan tegangan tersebut maka konstruksi *nozzle mortar* geopolimer aman digunakan.

Kata kunci : Mesin *3D printing*, *Nozzle*, *mortar* geopolimer, proses pembuatan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta nikmat iman dan islam-Nya sehingga penulis diberikan kekuatan untuk dapat menyelesaikan karya tulis ini dengan judul "Pembuatan Konstruksi *Nozzle Mortar* Geopolimer Ukuran Diameter 30mm pada Mesin *3D Printing* Bangunan Sipil"

Karya tulis ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan Pendidikan Program Diploma III program studi Teknologi Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung. Berkat bimbingan, bantuan serta dorongan dari semua pihak, penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Orang tua tercinta yang sudah memberikan dukungan baik moril maupun materil. Juga memberikan semangat serta doa yang tidak terhingga untuk kelancaran penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Bapak Nandang Rusmana, ST., MT. dan Bapak Akil Priyamanggala Danadibrata, ST., MT. selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan bantuan selama proses penyusunan proyek akhir ini.
3. Seluruh dosen dan PLP di jurusan Teknik Manufaktur yang telah membantu dalam pembuatan proyek akhir ini.
4. Rekan-rekan tingkat 3 MEC yang telah memberikan bantuan baik kritik, saran dan pendapat.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga semua dukungan dan bantuan yang telah diberikan mendapat imbalan pahala dari Allah Subhanahu wa Ta'ala. Akhir kata, besar harapan penulis agar karya tulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya kepada pembaca.

Bandung, 2023

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR DIAGRAM	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	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LAPORAN TEKNIK.....	4
2.1 Landasan Teori.....	4
2.1.1 <i>Additive Manufacturing</i>	4
2.1.2 <i>3D Concrete Printing</i>	5
2.1.3 <i>Mortar Geopolimer</i>	5
2.1.4 <i>Nozzle</i> ^[17]	6
2.1.5 Material.....	8
2.1.6 Analisa kekuatan konstruksi <i>nozzle</i> dan kekuatan pengelasan pada konstruksi <i>nozzle</i>	10
2.1.7 <i>Operation Plan (OP)</i>	12
2.1.8 Proses Pemesinan	13
2.1.9 Proses Pabrikasi.....	15

2.1.10	Elemen Mesin ^[16]	21
2.1.11	Proses <i>Assembly</i>	22
2.1.12	<i>Quality Control</i>	22
2.1.13	<i>Quality Assembly</i>	23
2.1.14	Estimasi Biaya Prototype	23
2.2	Metodologi Penyelesaian.....	25
2.3	Tahapan Kegiatan.....	29
2.3.1	Draft Konstruksi <i>3D Printing</i> Bangunan Sipil	29
2.3.2	Konstruksi <i>Nozzle Mortar</i> Geopolimer Mesin <i>3D Printing</i> Bangunan Sipil	29
2.3.3	Prinsip Kerja <i>Nozzle Mortar</i> Geopolimer.....	31
2.3.4	Hubungan Konstruksi <i>Nozzle</i> dengan Putaran Motor dan <i>Screw Extruder</i>	32
2.3.5	Perhitungan Massa dan Volume <i>Mortar</i> Geopolimer pada <i>Sub Assy Hopper</i>	34
2.3.6	Massa Konstruksi <i>Nozzle Mortar</i> Geopolimer	37
2.3.7	Perhitungan Tegangan yang terjadi Pada Sambungan Baut dan Pengelasan	39
2.3.8	Pengadaan Material	45
2.3.9	Perencanaan Pembuatan	46
2.3.10	Proses Pemesinan dan Pabrikasi.....	48
2.3.11	<i>Quality Control</i>	49
2.3.12	Proses Perakitan (<i>Assembly</i>).....	51
2.3.13	Estimasi Waktu Pengerjaan	55
2.3.14	Estimasi Biaya <i>Prototype</i>	56
BAB III PENUTUP		59
3.1	Kesimpulan	59
3.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		x

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) 3D CAD objek gelas (b) 3D model layer kasar (c) 3D model layer halus.....	4
Gambar 2.2 Mesin 3D Concrete Printing	5
Gambar 2.3 Nozzle Konvergen	7
Gambar 2.4 Nozzle Divergen	7
Gambar 2.5 Nozzle Konvergen - Divergen	7
Gambar 2.6 Mesin Gerinda Potong	16
Gambar 2.7 Mesin gerinda tangan.....	17
Gambar 2. 8 Mesin Plasma Cutting.....	18
Gambar 2 9 Langkah Perseccion Roll Plat.....	18
Gambar 2.10 Full Rolling.....	19
Gambar 2.11 Mesin bending tekuk.....	19
Gambar 2.12 Las Mig.....	20
Gambar 2.13 Baut.....	21
Gambar 2.14 Mur	21
Gambar 2.15 Retaining Ring	22
Gambar 2.16 Draft konstruksi 3D Printing	29
Gambar 2.17 Konstruksi Nozzle Mortar Geopolimer	30
Gambar 2.18 Tabung 1	34
Gambar 2.19 Reducer 1	35
Gambar 2.20 Tabung 2	36
Gambar 2.21 Reducer 2	36
Gambar 2.22 Penghubung	37
Gambar 2.23 Sambungan baut dan las pada pelat penyangga hopper.....	40
Gambar 2.24 Gaya pada baut M8.....	40
Gambar 2.25 Gaya pada baut M12.....	42
Gambar 2.26 Pengelasan pada pelat penyangga hopper.....	44
Gambar 2.27 Bentangan tabung 2	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan mortar geopolimer.....	6
Tabel 2.2 Spesifikasi Material ST 37.....	9
Tabel 2.3 Harga kekuatan bahan untuk baja.....	11
Tabel 2.4 Safety Factor kekuatan bahan.....	11
Tabel 2.5 Perhitungan Proses Bubut.....	13
Tabel 2.6 Perhitungan Proses Bor.....	15
Tabel 2.7 Penjelasan diagram alir metodologi penyelesaian.....	26
Tabel 2.8 Penjelasan fungsi bagian nozzle mortar geopolimer	30
Tabel 2.9 Prinsip kerja nozzle mortar geopolimer.....	31
Tabel 2.10 Massa part non standar	37
Tabel 2.11 Massa Screw Extruder	38
Tabel 2.12 Massa mortar geopolimer pada nozzle hopper	38
Tabel 2.13 Massa komponen penggerak dan keamanan.....	39
Tabel 2.14 Massa <i>part</i> standar	39
Tabel 2.15 Informasi Perhitungan Baut M8	40
Tabel 2.16 Informasi Perhitungan Baut M12	42
Tabel 2.17 Informasi Perhitungan Pengelasan	44
Tabel 2. 18 Operation Plan	46
Tabel 2.19 Tahapan pengerjaan komponen standar	48
Tabel 2.20 Tahapan pengerjaan sub assembly	49
Tabel 2.21 Penjelasan diagram perakitan konstruksi nozzle	52

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 2.1 Diagram alir proses pembuatan konstruksi nozzle mortar geopolimer	25
Diagram 2.2 Diagram perakitan konstruksi nozzle mortar geopolimer	51

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Gambar Kerja
LAMPIRAN B	<i>Operation Plan</i>
LAMPIRAN C	Estimasi Waktu Pengerjaan
LAMPIRAN D	Estimasi Biaya Pembuatan
LAMPIRAN E	Data Pendukung

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi Manufaktur di industri semakin canggih. Di era revolusi industri 4.0 ini, kegiatan produksi di industri didorong untuk mampu memanfaatkan bahan baku dengan meminimalisir *waste* dari limbah bahan baku yang terbuang. Jalannya produksi kemudian diintegrasikan dengan sistem kontrol menggunakan komputer, sehingga produktivitasnya dapat dimaksimalkan. Proses pelaksanaan dalam revolusi industri ditopang oleh sembilan pilar utama teknologi yang mencakup sektor virtual dan sektor fisik. Salah satu dari sembilan teknologi tersebut yaitu teknologi *Additive Manufacturing*.

Additive Manufacturing atau yang lebih dikenal dengan *3D printing* adalah proses pembuatan objek tiga dimensi dari sebuah model CAD (*Computer Aided Design*) dengan menambahkan material cetak lapis per lapis (*layer by layer*). Umumnya pencetakan *3D printing* ini menggunakan teknik ekstrusi material yang disebut dengan *Fused Deposition Modelling* (FDM), yaitu proses pembuatan *additive* yang termasuk dalam kelompok "material extrusion" dimana sebuah objek dibentuk dengan cara melelehkan material (resin) lalu ditempatkan lapis demi lapis sehingga membentuk sebuah objek yang diinginkan.

Mesin *3D printing* bangunan sipil adalah mesin yang membuat objek tiga dimensi dibawah kontrol komputer menggunakan campuran material (beton geopolimer, pasir, dan air) sehingga menghasilkan *mortar* geopolimer. Objek dapat berupa bentuk atau geometri, biasanya dihasilkan menggunakan data model digital yang berasal dari *File Manufacture Additive* (AMF).

Mesin *3D printing* bangunan sipil ini membutuhkan sebuah alat atau perangkat yang dirancang untuk mengontrol bentuk, karakteristik, dan jumlah dari aliran material saat keluar atau memasuki media cetak yang disebut dengan *nozzle*. Atas dasar latar belakang inilah diperlukan suatu kajian dengan judul "Pembuatan Konstruksi *Nozzle Mortar* Geopolimer Ukuran Diameter 30 mm pada Mesin *3D Printing* Bangunan Sipil" untuk membuat mesin *3D printing* menjadi lebih baik dan sebagai salah satu syarat menyelesaikan program pendidikan diploma III di Politeknik Manufaktur Bandung.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana bentuk konstruksi dari *nozzle mortar* geopolimer ukuran diameter 30mm pada mesin *3D printing* bangunan sipil?
2. Bagaimana prinsip kerja *nozzle mortar* geopolimer pada mesin *3D printing* bangunan sipil?
3. Bagaimana proses pembuatan dan perakitan konstruksi *nozzle mortar* geopolimer pada mesin *3D printing* bangunan sipil?
4. Berapa estimasi waktu dan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan konstruksi *nozzle mortar* geopolimer pada mesin *3D printing* bangunan sipil?

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. Menghasilkan bentuk konstruksi dari *nozzle mortar* geopolimer ukuran 30mm pada mesin *3D printing* bangunan sipil
2. Merencanakan proses pembuatan konstruksi *nozzle mortar* geopolimer pada mesin *3D printing* bangunan sipil meliputi analisa perhitungan konstruksi, proses pembuatan, proses perakitan, dan perhitungan estimasi waktu dan biaya.

1.4 Ruang Lingkup

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

1. Proyek ini akan dilakukan di dalam *workshop* atau bengkel jurusan Teknik Manufaktur, sehingga tidak memperhitungkan kondisi lapangan dan faktor lingkungan lainnya yang mungkin mempengaruhi proses pembuatan *nozzle*.
2. Tahapan proses pembuatan konstruksi dan komponen serta perakitan *nozzle mortar* geopolimer ukuran 30mm pada mesin *3D printing* bangunan sipil
3. Perhitungan berat konstruksi dan berat material geopolimer yang dapat ditampung
4. Prinsip kerja *nozzle mortar* geopolimer pada mesin *3D printing* bangunan sipil.
5. Perhitungan estimasi waktu proses pemesinan dan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan konstruksi *nozzle mortar* geopolimer ukuran 30mm.

6. Tidak membahas rancangan dan pembuatan *screw extruder*
7. Tidak membahas sistem kontrol dan keamanan yang digunakan pada konstruksi *nozzle mortar* geopolimer.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pemahaman pembaca dalam memahami karya tulis ini, maka penulis memberikan sistem penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi uraian tentang latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penulisan, ruang lingkup kajian dan sistematika penulisan.

BAB II LAPORAN TEKNIK

Berisi uraian tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan permasalahan yang dipaparkan penulis yang mencakup teori-teori perencanaan pembuatan, proses pemesinan, proses perakitan, dan penentuan biaya, serta menjelaskan konstruksi *nozzle*, prinsip kerja *nozzle*, proses pembuatan konstruksi *nozzle*, meliputi urutan proses pemesinan dan fabrikasi dalam pembuatan. Seperti membubut, pengeboran, pengelasan, dan proses perakitan pada konstruksi *nozzle*.

BAB III PENUTUP

Berisi mengenai kesimpulan dari bab-bab yang sudah dibahas serta saran-saran yang dirasa penting untuk pengembangan lebih lanjut proyek akhir ini.