

**RANCANG BANGUN PILAR KONSTRUKSI
KREMONA PADA SUMBU X DI MESIN 3D
*CONCRETE PRINTING***

Proyek Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Diploma III

Oleh

Teges Bela Nusa

220313023



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

LEMBAR PENGESAHAN
“RANCANG BANGUN PILAR KONSTRUKSI KREMONA PADA SUMBU X DI
MESIN 3D CONCRETE PRINTING”

Oleh :

Teges Bela Nusa

220313023

Program Studi D-III Teknologi Manufaktur, Jurusan Teknik Manufaktur,

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 11 Agustus 2023

Disetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Iwan Gunawan, ST., MT.

NIP. 196001031985031002

Antonius Adi Soetopo, SST., MT.

NIP. 196506102003121001

Disahkan,

Ketua Penguji

Pandoe, ST., MT.

NIP. 196903031995121002

Penguji 1

Rani Nopriyanti, S.Si., MT.

NIP. 1990110320220320008

Penguji 2

Yogi Muldani H, SST., M.T., Ph.D.

NIP. 198611222009121004

ABSTRAK

Kebebasan desain, kustomisasi massal, minimalisasi limbah dan kemampuan untuk memproduksi struktur kompleks, serta *prototyping* cepat, adalah manfaat utama dari *additive manufacturing* (AM) atau pencetakan 3D. Contoh dari teknologi *additive manufacturing* adalah mesin 3D *Concrete Printing*. Mesin 3D *Concrete Printing* merupakan pencetakan 3D pada proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari data elektronik. Produksi objek cetak 3D dicapai dengan menggunakan proses *aditif*.

Mesin 3D *Concrete Printing* ini bertipe kartesian dimana terdapat 3 sumbu sebagai arah gerakannya yaitu sumbu X, Y, dan Z. Pada sumbu gerakan ini terdapat konstruksi pilar sebagai penopang beban dan sebagai landasan dari *slider* sebagai penggerak utama dalam tiap sumbu. Pilar sumbu X ini merupakan salah satu dari konstruksi mesin 3D *Concrete Printing*. Mesin 3D *Concrete Printing* membutuhkan beberapa komponen utama yang mendukung agar memiliki keunggulan untuk memproses suatu produk dengan cepat dan presisi sehingga menghasilkan produk yang berkualitas.

Dalam proses pembuatannya, Mesin 3D *Concrete Printing* melewati beberapa proses, di antaranya adalah proses pembuatan pilar sumbu X dengan konstruksi kremona. Pengerjaan pilar sumbu X ini dilakukan dengan proses pemesinan seperti gerinda tangan dan gerinda *cutting*. Tidak hanya proses pemesinan, proses fabrikasi juga yaitu pengelasan menggunakan mesin las *GMAW* dalam pembuatan pilar kremona sumbu X mesin 3D *Concrete Printing*. Bentuk konstruksi dari pilar kremona sumbu X ini memiliki dimensi secara garis besar lebar 400 mm tinggi 400 mm serta panjang 6000 mm dengan sudut kremona 45°. Konstruksi pilar sumbu X ini mampu menopang beban yang sudah dihitung sebelumnya yaitu *nozzle*, *slider* sumbu X dan motor. Dengan besarnya tegangan tekan yang paling besar terjadi adalah sebesar 1,58 *MPa*, besar tegangan bengkok yang terjadi pada besi hollow kotak tiang 50 sebesar 13,41 *MPa*, besar defleksi yang terjadi adalah sebesar 0,094 mm dan besar kekuatan patah las adalah sebesar 0,008 *MPa*. Fungsi dan peranan pilar kremona pada sumbu X di Mesin 3D *Concrete Printing* ini adalah sebagai landasan pergerakan *slider* sumbu X pembawa *nozzle* dan juga sebagai penghubung antara 2 pilar sumbu Z (Vertikal) pada mesin 3D *Concrete Printing*. Waktu yang diperlukan untuk proses pembuatan ini adalah 9,8 jam dan memerlukan biaya pembuatan sebesar Rp **5.514.960,00**.

Kata kunci: *Additive Manufacturing*, Mesin 3D *Concrete Printing*, Proses Pembuatan Pilar Sumbu X.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahuwata'ala yang telah memberikan saya kemudahan sehingga saya dapat menyelesaikan karya tulis yang berjudul "***Rancang Bangun Pilar Konstruksi Kremona Pada Sumbu X Di Mesin 3D Concrete Printing***" ini dengan tepat waktu. Tanpa pertolongan-Nya tentunya saya tidak akan sanggup untuk menyelesaikan karya tulis ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafa'atnya di akhirat nanti.

Karya tulis ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk kelulusan pada Semester VI Program Studi Diploma III Teknologi Manufaktur, Jurusan Teknik Manufaktur.

Penyusunan karya tulis ini dapat diselesaikan dengan baik tentunya tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Subhanahuwata'ala yang telah memberikan nikmat iman, islam, dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini dengan baik.
2. Nabi Muhammad Shallallahu'alaihiwasallam yang telah menyadarkan saya untuk selalu berusaha dan berdo'a kepada Allah Subhanahuwata'ala, memohon harapan kepada Allah Subhanahuwata'ala serta tidak berharap kepada makhluk.
3. Orang tua saya yang selalu memberikan do'a, semangat, dan dukungan baik materi dan moral dalam penyusunan karya tulis ini.
4. Bapak Jata Budiman, SST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Manufaktur.
5. Bapak Dr. Heri Setiawan, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknologi Manufaktur.
6. Bapak Iwan Gunawan, ST., MT. selaku pembimbing 1 pada pengerjaan proyek akhir (PA) dan karya tulis ini.
7. Bapak Antonius Adi Soetopo, SST., MT. selaku pembimbing 2 pada pengerjaan proyek akhir (PA) dan karya tulis ini.
8. Rekan-rekan ME 45 khususnya kelas 3 MEC yang selalu memberikan support dan dukungan kepada penulis.

Semoga Allah Subhanahuwata'ala membalas dengan limpahan rahmat dan karunia- Nya, atas segala kebaikan yang telah mereka berikan. Saya juga tentu menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak terdapat kekurangan di dalamnya. Untuk itu, saya mengharapkan kritik serta saran dari pembaca untuk karya tulis ini, agar karya tulis ini nantinya dapat menjadi karya tulis yang lebih baik lagi. Demikian, dan apabila terdapat banyak kesalahan pada karya tulis ini penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Demikian, semoga karya tulis ini dapat bermanfaat. Terima kasih

Bandung, 11 Agustus 2023

Teges Bela Nusa

220313023

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR DIAGRAM	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	4
LAPORAN TEKNIK	4
2.1 Landasan Teori	4
2.1.1 Rancang Bangun.....	4
2.1.3 3D Concrete Printing.....	6
2.1.4 Diagram Kremona.....	8
2.1.5 Analisa Kekuatan Konstruksi Kremona Dan Kekuatan Pengelasan Pada Konstruksi Pilar.....	9
2.1.6 Besi <i>Hollow Square</i>	16
2.1.7 <i>Operation Plan (OP)</i>	20

2.1.8	Proses Pemesinan.....	21
2.1.9	Proses <i>Assembly</i>	26
2.1.10	<i>Quality Control</i>	26
2.1.11	Quality Assembly.....	27
2.1.12	Estimasi Biaya Pembuatan.....	27
2.2	Metodologi Penyelesaian.....	29
2.3	Observasi Landasan Teori.....	31
2.4	Draft Konstruksi Mesin 3D <i>Concrete Printing</i>	32
2.4.1	Analisa Kekuatan Konstruksi Kremona dan Kekuatan Pengelasan pada Konstruksi Rangka.....	33
2.4.2	Prinsip Kerja dan Fungsi Pilar Sumbu X.....	41
2.5	Perencanaan Pembuatan.....	42
2.5.1	Tahapan Proses Pengerjaan.....	42
2.5.2	Operation Plan.....	43
2.6	Pengadaan Material.....	45
2.7	Proses Pembuatan.....	46
2.7.1	Proses Fabrikasi.....	46
2.7.2	Proses Pemesinan.....	46
2.8	Quality Control.....	47
2.9	Proses Perakitan (<i>Assembly</i>).....	49
2.10	Estimasi Waktu dan Biaya.....	51
2.10.1	Estimasi Biaya Komponen atau Material.....	51
2.10.2	Estimasi Waktu Proses Pemesinan dan Fabrikasi.....	52
2.10.3	Estimasi Biaya Proses Pembuatan dan Operator.....	53
2.10.4	Estimasi Biaya Total.....	54
BAB III	55
PENUTUP	55

3.1 Kesimpulan	55
3.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
DAFTAR LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Teknologi Additive Manufacturing	5
Gambar 2. 2 Mesin 3DCP	6
Gambar 2. 3 Hasil Kontruksi Mesin 3DCP.....	7
Gambar 2. 4 Rangka Batang Metode Warren.....	8
Gambar 2. 5 Struktur Rangka Batang	8
Gambar 2. 6 Diagram Gaya Bebas Struktur Rangka Batang.....	9
Gambar 2. 7 Metode Sambungan Struktur Rangka Batang.....	9
Gambar 2. 8 Tegangan Tarik Dan Tekan	12
Gambar 2. 9 Diagram Benda Bebas Pembebanan Bengkok	12
Gambar 2. 10 Diagram Benda Bebas Pembebanan Bengkok	13
Gambar 2. 11 Bentuk dan Ukuran Las Sudut	16
Gambar 2. 12 Dimensi Besi Hollow Square	16
Gambar 2. 13 Diagram Regangan-Tegangan	17
Gambar 2. 14 Besi Hollow Square Hitam	18
Gambar 2. 15 Gerinda Potong	22
Gambar 2. 16 Gerinda Tangan	23
Gambar 2. 17 Mesin dan Perlengkapan Las GMAW	24
Gambar 2. 18 Skema Proses Pengelasan	24
Gambar 2. 19 Spesifikasi Elektroda HTW-50	26
Gambar 2. 20 Sub Assy Kontruksi Pilar 3DCP	32
Gambar 2. 21 Kontruksi Pilar Sumbu X.....	33
Gambar 2. 22 Struktur Rangka Batang Pilar Sumbu X	35
Gambar 2. 23 Struktur Rangka Sumbu X.....	35
Gambar 2. 24 Gaya Pada Struktur Rangka Batang	35
Gambar 2. 25 Metode Sambungan Struktur Rangka Batang.....	35
Gambar 2. 26 Sambungan A Struktur Rangka Batang.....	36
Gambar 2. 27 Sambungan C Struktur Rangka Batang.....	36
Gambar 2. 28 Sambungan B Struktur Rangka Batang.....	36
Gambar 2. 29 Metoda Pemotongan Struktur Rangka Batang.....	37
Gambar 2. 30 Kondisi Pembebanan Pada Rangka	38
Gambar 2. 31 Diagram Benda Bebas	38
Gambar 2. 32 Arah Gaya Yang Bekerja	40
Gambar 2. 33 Dimensi Pengelasan.....	40
Gambar 2. 34 Mekanisme Mesin 3DCP	42
Gambar 2. 35 Gambar Kerja Material Batang Kremona	47
Gambar 2. 36 Welding Fixture.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Mesin 3DCP	7
Tabel 2. 2 Faktor Keamanan Kekuatan Bahan	11
Tabel 2. 3 Tabel harga kekuatan bahan untuk baja	11
Tabel 2. 4 Rumus Luas Penampang, Momen Inersia dan Momen Tahanan	14
Tabel 2. 5 Macam Macam Ukuran Dan Berat Besi Hollow	19
Tabel 2. 6 Stadar Settingan Mesin Las GMAW	25
Tabel 2. 7 Rumus Waktu Proses Pengelasan	25
Tabel 2. 8 Penjelasan Diagram Alir	30
Tabel 2. 9 Daftar Komponen Rangka Pilar Sumbu X	33
Tabel 2. 10 Rincian Beban Yang Diterima Pilar Sumbu X	34
Tabel 2. 11 Tahapan Pengerjaan Pilar Sumbu X	42
Tabel 2. 12 Contoh Form Operation Plan	44
Tabel 2. 13 Material Yang Di Order	45
Tabel 2. 14 Contoh Form QC	48
Tabel 2. 15 Penjelasan Diagram Assembly Pilar	50
Tabel 2. 16 Estimasi Biaya Komponen Material	52
Tabel 2. 17 Estimasi Waktu Proses Pemesinan dan Fabrikasi.....	53
Tabel 2. 18 Estimasi Biaya Proses Pemesinan dan Fabrikasi	54
Tabel 2. 19 Biaya Alat Bantu.....	54

DAFTAR DIAGRAM

DIAGRAM 2.1 Landasan Teori.....	4
DIAGRAM 2.2 Metodologi Penyelesaian.....	29
DIAGRAM 2.3 Assy Pembuatan Pilar Kremona Sumbu X Mesin 3DCP.....	49
DIAGRAM 2.4 Estimasi Biaya Dan Waktu.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	GAMBAR KERJA
LAMPIRAN B	<i>OPERATION PLAN</i>
LAMPIRAN C	ESTIMASI BIAYA
LAMPIRAN D	ESTIMASI WAKTU
LAMPIRAN E	<i>FORM QUALITY CONTROL</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Politeknik Manufaktur Bandung merupakan institusi pendidikan yang berfokus pada bidang manufaktur yang diharapkan terus membantu dalam perkembangan dunia industri di Indonesia. Salah satu terobosan yang akan dibuat adalah teknologi *Additive Manufacturing (AM)*. *Additive Manufacturing* merupakan proses membuat benda 3D dalam berbagai bentuk perancangan model digital. Salah satu teknologi *additive manufacturing* adalah mesin *3D concrete printing* (bangunan sipil). Mesin ini bekerja mencetak lapisan demi lapisan hingga bentuk objek tercapai.[2]

Mesin *3D Concrete Printing* ini memiliki prinsip kerja yang sama dengan mesin *3D printing* lainnya. Namun, yang membedakan adalah dari *working space*-nya yang besar dibandingkan dengan *3D Printing* yang biasa. Material yang digunakan pada mesin ini adalah *geopolimer*[3]. Material ini diproses dan diolah pada mesin molen pengaduk coran mini kemudian di-*extrude* masuk ke dalam selang menggunakan *extruder* menuju tangki *nozzle*. Setelah itu dari tangki tersebut material dikeluarkan melalui tabung *nozzle* sesuai dengan perintah atau program yang diinginkan secara *layer-by-layer*. Proses pergerakan pada mesin ini menggunakan sistem mekanik *frame* atau pilar sebagai pergerakan secara sumbu X, Y, dan Z. Pada pilar sumbu X ini terdapat *slider* yang digerakkan oleh sistem *rack gear* dan pinion pada pilar serta menggunakan sumber penggerak servo motor dan tangki *nozzle* tadi terdapat pada pilar sumbu X[3]. Fungsi dari pilar sumbu X ini adalah sebagai landasan *slider* sumbu X yang bergerak membawa komponen *nozzle* pada mesin *3D Concrete Printing* serta fungsi lainnya yaitu sebagai penghubung antara kedua pilar sumbu Z (Vertikal) yang ada pada konstruksi mesin *3D Concrete Printing*.

Pada proyek akhir tahun 2022 pilar sumbu X ini telah dikerjakan oleh Dhafin Rizky Rachmat, namun pada proyek akhir yang dikerjakan tahun 2022 tersebut masih ada beberapa kekurangan dalam pilar sumbu X tersebut dikarenakan material yang digunakan pada saat itu adalah besi *hollow* bulat yang berpengaruh terhadap pergerakan *slider* sumbu X yang sulit untuk diaplikasikan terutama pada bagian roda *slidernya*. Atas dasar latar belakang tersebut, penulis mengerjakan proyek akhir dengan tujuan memperbaharui konstruksi pilar sumbu X yang awalnya menggunakan besi *hollow* bulat

menjadi besi *hollow square* agar dapat mempermudah pada saat perakitan antara pilar sumbu X dengan *slider* sumbu X pembawa *nozzle*. Proyek akhir ini juga sebagai salah satu syarat menyelesaikan program pendidikan diploma-3 di Politeknik Manufaktur Bandung. Adapun judul proyek akhir penulis adalah **“RANCANG BANGUN PILAR KONSTRUKSI KREMONA PADA SUMBU X DI MESIN 3D CONCRETE PRINTING ”**

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana bentuk konstruksi pilar kremona pada sumbu X di mesin 3D *Concrete Printing* ?
2. Apakah pilar konstruksi kremona pada sumbu X di mesin 3D *Concrete Printing* mampu menopang beban yang sudah direncanakan ?
3. Bagaimana prinsip kerja dan fungsi dari pilar konstruksi kremona pada sumbu X di mesin 3D *Concrete Printing* ?
4. Bagaimana proses pembuatan pilar konstruksi kremona pada sumbu X di mesin 3D *Concrete Printing* ?
5. Bagaimana estimasi biaya dan waktu untuk pembuatan pilar konstruksi kremona pada sumbu X di mesin 3D *Concrete Printing* ?

1.3 Tujuan

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

1. Mendesain bentuk konstruksi pilar sumbu X pada mesin 3D *Concrete Printing*.
2. Menganalisa kekuatan konstruksi pilar sumbu X pada mesin 3D *Concrete Printing*.
3. Menjelaskan prinsip kerja dan fungsi pilar konstruksi kremona pada sumbu X di mesin 3D *Concrete Printing*.
4. Dapat merencanakan tahapan proses cara pembuatan pilar konstruksi kremona pada sumbu X di mesin 3D *Concrete Printing*.
5. Mengestimasi biaya dan waktu yang diperlukan untuk pembuatan pembuatan pilar konstruksi kremona pada sumbu X di mesin 3D *Concrete Printing*.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari judul “ Rancang Bangun Pilar Konstruksi Kremona Pada Sumbu X Di Mesin 3D *Concrete Printing*” ini meliputi sebagai berikut :

1. Bentuk konstruksi pilar kremona pada sumbu X dan komponen untuk pembuatan pilar konstruksi kremona pada sumbu X mesin 3D *Concrete Printing*.
2. Analisa perhitungan kekuatan pilar konstruksi kremona dan kekuatan pengelasan pilar sumbu X mesin 3D *Concrete Printing*.
3. Prinsip kerja dan fungsi dari pilar konstruksi kremona pada sumbu X mesin 3D *Concrete Printing*.
4. Merencanakan proses pembuatan pilar konstruksi kremona pada sumbu X mesin 3D *Concrete Printing*.
5. Menghitung estimasi biaya dan waktu pembuatan pilar konstruksi kremona pada sumbu X mesin 3D *Concrete Printing*.

1.5 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup kajian dan sistematika penulisan laporan teknik..

BAB II LAPORAN TEKNIK

Bab ini berisi tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan permasalahan yang dipaparkan penulis serta uraian proses penyelesaian dari proyek akhir tersebut seperti halnya landasan teori, metodologi penyelesaian, *draft* konstruksi pilar, analisa perhitungan kekuatan konstruksi, proses pembuatan, pengadaan material, proses perakitan, *QC*, serta perhitungan estimasi biaya dan waktu proses pembuatan pilar kremona sumbu X mesin 3D *Concrete Printing*.

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.