



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Desain dan Analisis Tegangan *Hydraulic Furnace Door* pada *Melting Furnace* Menggunakan *Software Solidworks*

Farhan Firdaus Irwansyah¹, Sonki Prasetya^{2*}, Budi Yuwono³

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G.A Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G.A Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author *E-mail address*: sonki.prasetya@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Proses peleburan aluminium pada melting furnace di PT X sering kali menghadapi kendala berupa tingginya heat loss dan paparan panas ekstrem yang berdampak negatif terhadap kenyamanan operator. Penelitian ini bertujuan untuk merancang hydraulic furnace door sebagai mekanisme penutup lubang tungku yang efektif, ergonomis, dan aman untuk dioperasikan. Metode perancangan menggunakan pendekatan Product Design and Development dari Ulrich & Eppinger. Hasil perancangan menunjukkan bahwa mekanisme penggerak hidrolik dengan material SS400 merupakan solusi yang paling optimal. Analisis kekuatan struktural baik secara teoritis maupun simulasi Finite Element Analysis (FEA) membuktikan bahwa komponen utama rancangan, seperti arm memiliki tegangan maksimum sebesar 79,05 MPa, yang berada jauh di bawah batas tegangan izin material sebesar 122,5 MPa. Validasi simulasi FEA menunjukkan tegangan maksimum yang terjadi masih di bawah tegangan luluh material SS400 sebesar 245 MPa, sehingga desain dinyatakan aman dan layak untuk difabrikasi.

Kata-kata kunci: Hydraulic Furnace Door, Melting Furnace, Desain, SolidWorks

Abstract

The aluminum smelting process in the melting furnace at PT X often faces challenges in the form of high heat loss and exposure to extreme heat, which negatively impact operator comfort. This study aims to design a hydraulic furnace door as an effective, ergonomic, and safe mechanism for closing the furnace opening. The design method employs the Product Design and Development approach by Ulrich & Eppinger. The design results indicate that a hydraulic drive mechanism made of SS400 material is the most optimal solution. Structural strength analysis, both theoretical and via Finite Element Analysis (FEA) prove that the main components of the design, such as the arm, have a maximum stress of 79.05 MPa, which is well below the material's allowable stress limit of 122.5 MPa. Validation of the FEA simulation shows that the maximum stress that occurs is still below the yield strength of SS400 material, which is 245 MPa, thereby confirming that the design is safe and suitable for fabrication.

Keywords: Hydraulic Furnace Door, Melting Furnace, Design, SolidWorks



Hak Cipta dilindungi oleh Undang-Undang

1. PENDAHULUAN

Pada industri pengecoran aluminium PT X, *melting furnace* digunakan dalam proses peleburan material [1]. Berdasarkan pengamatan, lubang bukaan berdiameter 760 mm pada tungku tersebut belum dilengkapi penutup yang bekerja secara optimal, sehingga menyebabkan pelepasan panas (*heat loss*) ke lingkungan yang sangat tinggi dengan temperatur rata-rata 72,28°C hingga mencapai 87,6°C. Kondisi panas yang ekstrem di area kerja ini berpotensi memicu beban panas (*heat stress*).

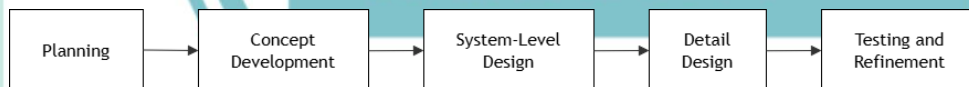
Beberapa penelitian terdahulu telah membahas tantangan operasional pada industri pengecoran dan optimalisasi aktuator hidrolik. Studi oleh Saldívar et al. (2021) dan Esmacili et al. (2025) menekankan urgensi efisiensi termal *melting furnace* [1], serta mitigasi beban panas (*heat stress*) pada pekerja di lingkungan yang ekstrem [2]. Namun, studi-studi tersebut lebih berfokus pada pemodelan termal dan aspek edukasi keselamatan, tanpa menyertakan rancangan mekanisme fisik yang dapat meminimalisir paparan panas secara langsung di area lubang bukaan *furnace*.

Di sisi lain, perancangan dengan mekanis sistem hidrolik telah dikaji oleh Cvejić et al. (2024), namun pengembangannya lebih ditujukan untuk aplikasi aktuator berdimensi besar dan berdaya tinggi [3]. Sementara itu, evaluasi kekuatan struktural berbasis simulasi FEA pada software *solidworks* telah dilakukan oleh Prasetya et al. (2024) guna memvalidasi kelayakan rancangan, namun simulasi FEA pada penelitian ini digunakan untuk stasiun penukaran baterai [4]. Pihak industri sebelumnya juga telah berupaya memanfaatkan plat tipis bekas sebagai penutup sementara. Namun, solusi tersebut dinilai kurang ergonomis karena tidak memiliki mekanisme buka-tutup yang memadai, sehingga masih menyulitkan operator saat proses pengisian material ke dalam tungku. Sebagai penyelesaian masalah, penelitian ini menawarkan desain rancangan *hydraulic furnace door* dengan material SS400 yang diaktuator menggunakan aktuator berupa silinder hidrolik. Dilakukan juga pengujian simulasi FEA pada struktur *furnace door* untuk memvalidasi keamanannya. Solusi ini memungkinkan operator untuk membuka dan menutup tungku dari jarak aman tanpa terpapar radiasi panas secara langsung. Mekanisme hidrolik dipilih karena kemampuannya dalam menahan beban statis yang berat serta mempermudah proses buka-tutup secara terkontrol dari jarak yang aman [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang desain *furnace door* dengan material SS400 yang mampu menutup lubang bukaan *melting furnace* secara efektif, mendapatkan hasil perhitungan mekanika statis pada komponen *arm furnace door* sebagai penghubung antar komponen untuk memastikan keamanannya secara teoritis saat menerima pembebanan dengan ketentuan tegangan maksimum *arm* di bawah tegangan izin material, serta memvalidasi kekuatan struktural rancangan tersebut melalui simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) pada software *SolidWorks* yang didasarkan pada tiga kriteria keberhasilan, yaitu tegangan maksimum yang terjadi berada di bawah tegangan luluh material, nilai deformasi (*displacement*) berada di bawah 3.5 mm, serta nilai *Factor of Safety* di atas nilai 1.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif terapan dan simulasi yang berfokus pada *engineering design*. Metodologi penelitian mengadopsi metode *Product Development Process* (PDP) yang berasal dari buku *Product Design and Development* karya Karl T. Ulrich dan Steven D. Eppinger [6].



Gambar 1. Generic Product Development Process

Tahapan penelitian mengacu pada Gambar 1. Proses tahapan metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan (*Planning*): Mengidentifikasi kebutuhan PT X dalam menentukan kebutuhan spesifikasi desain dan tingkat kepentingannya. Proses dilakukan melalui observasi lapangan dan pengumpulan data menggunakan kuesioner berskala yang dibagikan kepada 5 responden, yaitu kasie peralatan, 2 staff peralatan, dan 2 operator *melting furnace*. Hasil dari identifikasi kebutuhan industri ini menjadi acuan utama dalam proses perancangan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 1. Analisis Kebutuhan dan Tingkat Kepentingan

Kebutuhan	R1	R2	R3	R4	R5	Nilai Rata-Rata
Mampu menutup lubang bukaan <i>melting furnace</i> yang berdiameter 760 mm	5	4	5	5	4	4,6
Menggunakan komponen yang tersedia di pabrik.	4	4	4	4	4	4
Pengoperasian mekanisme buka-tutup <i>furnace door</i> dapat dilakukan dengan mudah.	5	4	5	5	5	4,8
Mengedepankan keamanan dalam pengoperasian.	5	5	5	5	5	5
Mudah dalam perawatan.	4	4	5	3	4	4
Mudah difabrikasi	4	5	4	4	4	4,2

Keterangan pada tabel 1:

R = Responden

(1) = Sangat tidak penting

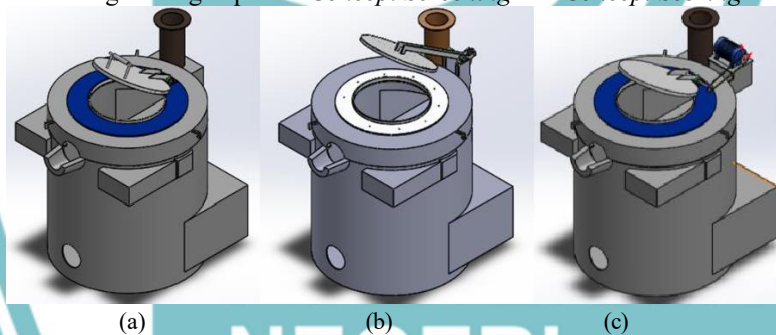
(2) = Tidak penting

(3) = Cukup penting

(4) = Penting

(5) = Sangat Penting

2. Pengembangan Konsep (*Concept Development*): Berdasarkan data kebutuhan industri yang telah diidentifikasi, dikembangkan tiga alternatif konsep desain awal seperti pada Gambar 2. Setelah itu dilakukan seleksi rancangan dengan proses *Concept Screening* dan *Concept Scoring*.



Gambar 2. Konsep 1 pada gambar (a). Konsep 2 pada gambar (b). Konsep 3 pada gambar (c)

Berdasarkan Gambar 2., gambar (a) menggunakan mekanisme manual dengan tambahan *handle* dan engsel. Gambar (b) menunjukan mekanisme dengan silinder hidrolik dan *arm*. Gambar (c) menunjukkan mekanisme motor listrik yang ditransmisikan oleh rantai dan *sprocket*.

3. Desain Tingkat Sistem (*System-Level Design*): Tahap ini dilakukan penyusunan tata letak komponen dan penentuan hubungan mekanis antara sistem penggerak hidrolik dengan *furnace door*, guna memastikan arsitektur desain sesuai dengan fungsi operasional yang diinginkan sebelum masuk ke detail komponen.
4. Perancangan Detail (*Detailed Design*): Melakukan perancangan detail komponen menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Tahap ini mencakup pemodelan geometri 3D, pemilihan material, serta penentuan dimensi teknis yang presisi sehingga desain siap untuk difabrikasi.
5. Pengujian dan Validasi (*Testing & Refinement*): Melakukan pengujian desain melalui perhitungan teoritis dan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak SolidWorks. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi terhadap tegangan izin material, dengan kriteria keberhasilan, yaitu tegangan maksimum yang terjadi di bawah dari tegangan izin.

Langkah analisis perhitungan teoritis dihitung menggunakan persamaan matematis secara berurutan. Beban yang diterima pada *furnace door* adalah beban dari keseluruhan komponen yang berputar pada shaft pivot, serta beban dari gaya silinder hidrolik. Pemberian beban yang terjadi adalah beban pada titik berat komponen yang berputar pada shaft pivot, maka momen gaya akibat beban komponen didapatkan dengan persamaan:

$$M_{maks} = F \times r \quad (1)$$



Setelah mendapatkan momen tersebut, dapat dicari kebutuhan gaya silinder hidrolik

$$F = \frac{M_{maks}}{r \times \sin \theta} \quad (2)$$

Arm terdiri dari dua plat dengan memiliki tebal dan lebar. Maka didapatkan tegangan lentur dengan menggunakan persamaan:

$$Z = \frac{bh^2}{6} \quad (3)$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad (4)$$

Salah satu silinder hidrolik memberikan gaya, gaya tersebut ditransmisikan melalui titik tumpu (*pin/pivot*) ke sepanjang batang *arm*. Gaya ini memiliki gaya komponen yang sejajar dengan sumbu batang *arm*, sehingga menimbulkan tegangan aksial dengan persamaan:

$$\sigma_a = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Berikutnya, menghitung tegangan izin yang sesuai dengan jenis material yang dipakai, untuk rancangan furnace door menggunakan persamaan:

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_y}{SF} \quad (6)$$

Material yang akan digunakan untuk seluruh komponen rancangan adalah baja karbon struktural SS400. Pemilihan material didasarkan pada kemampuan mekanisnya dan ketersediaan material di industri. Untuk menjamin keamanan struktur dalam menerima pembebanan konstan, ditetapkan faktor keamanan (*Safety Factor*) sebesar 2 [7].

Tabel 2. Material Properties Baja Struktural Karbon SS400

No	Material Properties	Nilai
1.	Density	7,85 g/cm ³
2.	Yield Strenght	245 MPa
3.	Ultimate Tensile Strength	400–510 MPa
4.	Elastic Modulus	206 GPa
5.	Shear Modulus	80 GPa
6.	Poisson Ratio	0,3

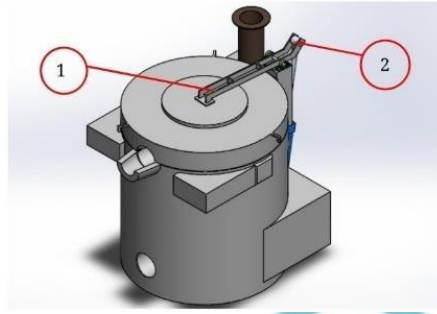
Setelah desain dinyatakan aman secara teoritis, pemodelan 3D dibuat dan diuji menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk mendapatkan distribusi tegangan dan memvalidasi hasil analitis [4]. Hasil yang didapat dari simulasi software *solidworks* berupa tegangan, deformasi, dan faktor keamanan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, penulis membahas analisis tegangan yang terjadi pada furnace door saat dikenai pembebanan. Terdapat 2 beban pada furnace door, yaitu berat total komponen furnace door yang berputar pada sumbu putar dan beban yang diberikan oleh silinder hidrolik. Beban komponen-komponen furnace door yang berputar pada sumbu putar seperti pada Gambar 2. berikut,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. Letak beban pada furnace door

eterangan beban dari Gambar 3:

Beban seluruh komponen furnace door yang berputar pada poros pivot, yaitu furnace door, stiffener, arm, dan shaft rod cap. Dilakukan pengukuran massa komponen terlebih dahulu seperti tabel 2. Sebagai berikut:

Tabel 3. Massa Pada Komponen Furnace Door yang Bergerak Pada Sumbu Putar

No	Komponen	Jumlah	Massa (Kg)
1.	<i>Furnace door</i>	1	52,26
2.	<i>Stiffener</i>	1	2,92
3.	<i>Arm</i>	1	17,71
4.	<i>Shaft rod cap</i>	1	1,79
Massa Total			74,68

2. Beban dari gaya silinder hidrolik untuk menggerakkan *furnace door* yang total massanya 74,68 Kg.

Desain Hydraulic Furnace Door

Tahap awal pembahasan difokuskan pada evaluasi ketiga alternatif konsep desain yang telah dibuat pada tahap pengembangan konsep. Evaluasi dilakukan secara kuantitatif melalui *Concept Screening* dan *Concept Scoring* berdasarkan hasil survey oleh pihak industri PT X berjumlah 5 responden, yaitu 2 operator *melting furnace*, 2 staff peralatan, dan 1 kasie peralatan.

Tabel 4. Concept Screening

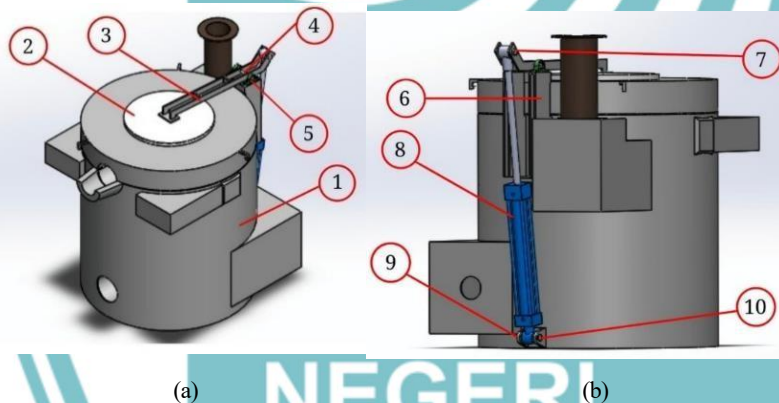
No	Kriteria Seleksi	Konsep		
		1	2	3
1	Mampu menutup lubang bukaan melting furnace Ø760 mm	+	+	+
2	Menggunakan komponen dan material yang tersedia di pabrik	+	+	0
3	Pengoperasian buka-tutup mudah	-	+	+
4	Mengedepankan keamanan dalam pengoperasian	-	+	+
5	Mudah dalam perawatan	+	0	-
6	Mudah difabrikasi	+	+	+
Jumlah +		4	5	4
Jumlah 0		0	1	1
Jumlah -		2	0	1
Keputusan		Dielimnasi	Dilanjutkan	Dilanjutkan

Tabel 5. Concept Scoring

Kriteria Seleksi	W (%)	Konsep			
		2		3	
		R	S	R	S
Mampu menutup lubang bukaan melting furnace Ø760 mm	17	5,0	0,85	5,0	0,85
Komponen dan material tersedia di pabrik	15	5,0	0,75	3,4	0,51
Kemudahan pengoperasian	18	5,0	0,90	5,0	0,90
Keamanan pengoperasian	19	4,8	0,912	4,6	0,874
Kemudahan perawatan	15	4,2	0,63	3,8	0,57
Kemudahan fabrikasi	16	4,2	0,672	3,4	0,544
Total Skor		4,714		4,248	
Peringkat		1		2	
Kelanjutan Konsep		Kembangkan		Tidak	

Berdasarkan hasil penilaian konsep pada tabel 4 dan tabel 5, konsep 1 tereleminasi pada proses concept screening dan konsep 2 dengan mekanisme penggerak silinder hidrolik memperoleh skor bobot tertinggi. Oleh karena itu, Konsep 2 ditetapkan sebagai final desain yang akan dikembangkan dan dianalisis lebih rinci.

Pada konsep 2 yang terpilih, furnace door ini terdapat beberapa bagian yang dijabarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Furnace Door bagian depan pada gambar (a). Gambar (b) menunjukkan Furnace Door bagian belakang

Berikut penjelasan dari Gambar 4:

1. Melting Furnace : Alat peleburan material aluminium
2. Furnace door : Penutup lubang bukaan ruang peleburan melting furnace
3. Arm : Komponen penghubung antara furnace door, shaft pivot, dan silinder hidrolik
4. Shaft Pivot : Komponen yang menjadi sumbu putar furnace door
5. Bearing : Komponen yang menopang shaft pivot
6. Penampang Bearing : Bagian yang menopang bearing dan terhubung dengan body furnace
7. Shaft Rod Cap : Komponen yang menghubungkan silinder hidrolik dengan furnace door
8. Silinder Hidrolik : Aktuator yang memberikan gaya pada furnace door
9. Bracket End Cap : Komponen penopang shaft end cap dan terhubung dengan body furnace.
10. Shaft End Cap : Komponen penopang silinder hidrolik pada melting furnace

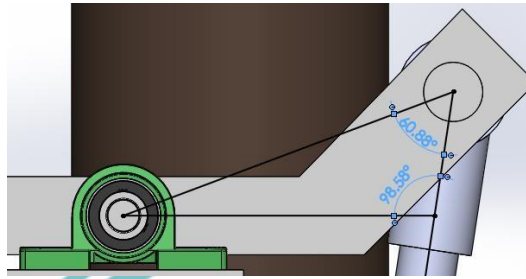
Persamaan (1) adalah persamaan yang menyatakan momen berasal dari perkalian gaya terhadap jarak sumbu putar [8]. Sehingga didapatkan momen akibat berat keseluruhan komponen furnace door terhadap jarak ke sumbu putar adalah

$$M_{maks} = F \times r$$

$$M_{maks} = 732,65 \times 745,3530354$$

$$M_{maks} = 546082,90 \text{ Nmm}$$

Persamaan (2) adalah persamaan yang menyatakan gaya yang dapat berasal dari momen dibagi jarak gaya terhadap sumbu putar.



Gambar 5. Sudut Pada Gaya Silinder Hidrolik

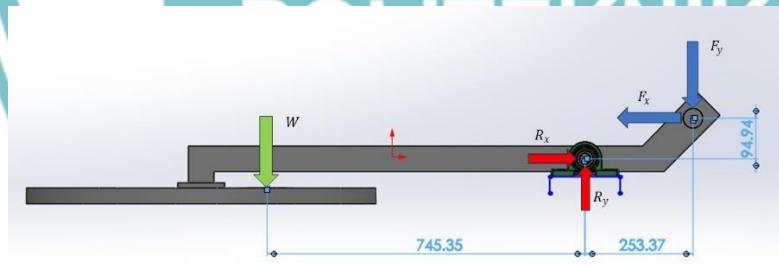
Berdasarkan Gambar 5, jarak antara titik yang mendapatkan gaya silinder hidrolik terhadap titik putar (pivot) tidak tegak lurus, sehingga menggunakan sudut 60,8809 untuk mengetahui gaya dan arahnya, yaitu:

$$F = \frac{M_{maks}}{r \times \sin \theta} = \frac{546082,90}{270,5688 \times \sin 60,8809^\circ} = 2310,26 \text{ N}$$

Setelah mengetahui beban yang ditopang oleh furnace door, selanjutnya adalah melakukan perhitungan pada arm furnace door.

Perhitungan Tegangan Maksimum pada Arm Furnace Door

Furnace door memiliki komponen arm yang menghubungkan komponen-komponen serta menerima 2 beban sekaligus, seperti yang diperlihatkan oleh FBD furnace door pada Gambar 7 berikut.



Gambar 6. FBD Furnace Door

Untuk mencari tegangan lentur pada arm, diperlukan modulus penampang arm dengan menggunakan persamaan (3), yaitu:

$$Z = \frac{bh^2}{6} = \frac{12(60)^2}{6} = 7200 \text{ mm}^3$$

Berikutnya mencari tegangan lentur, dengan modulus penampang yang didapatkan, yaitu dengan persamaan (4):

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



$$\sigma_b = \frac{46082,90}{7200}$$
$$\sigma_b = 75,84 \text{ Mpa}$$

Dikarenakan arm terdiri dari 2 plat, maka gaya yang diberikan dibagi merata ke masing-masing plat sehingga dengan persamaan (5), didapatkan:

$$\sigma_a = \frac{310,26}{720}$$
$$\sigma_a = 3,21 \text{ Mpa}$$

Setelah mendapatkan tegangan lentur (75,84 Mpa) dan tegangan aksial (3,21 Mpa). Maka tegangan maksimum pada arm didapatkan dari total kedua tegangan tersebut (ditasi), dengan nilai tegangan maksimumnya adalah 79,05 Mpa.

Perhitungan tegangan izin dapat menggunakan persamaan (6), yaitu tegangan luluh material dibagi dengan faktor keamanan.

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_y}{SF}$$
$$\sigma_{izin} = \frac{245}{2}$$
$$\sigma_{izin} = 122,5 \text{ MPa}$$

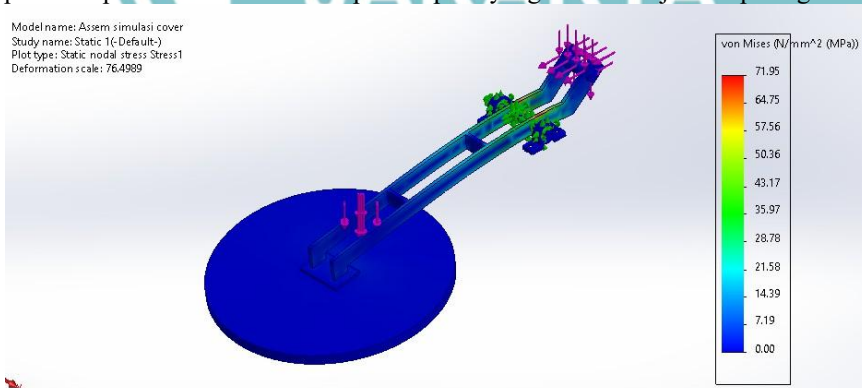
Berdasarkan data hasil perhitungan, tegangan maksimum pada arm yang merupakan gabungan tegangan lentur dan tegangan aksial tidak melebihi tegangan izin dari material SS400 yaitu 122,5 MPa. Maka hasil perhitungan pembebanan rangka frame base car dapat dinyatakan aman.

Simulasi Komponen Menggunakan SolidWorks

Setelah melakukan perhitungan terhadap arm furnace door, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi. Validasi desain dieksekusi menggunakan simulasi beban statis pada perangkat lunak *SolidWorks Simulation* . menggunakan solidworks. Menurut Randy H. Shih, pembuatan model 3d dengan SolidWorks lebih mudah diinterpretasikan dan mudah diubah, simulasi beban juga dapat diterapkan dan ditampilkan secara grafis [9]. Gaya yang bekerja sebesar 732,65 N pada titik berat keseluruhan komponen yang berputar pada sumbu putar dan gaya silinder hidrolik sebesar 2310,26 N yang bekerja pada shaft rod cap seperti pada gambar 6., Simulasi dijelaskan sebagai berikut

1. Tegangan (Stress max: axial and bending)

Pertama dilakukan proses simulasi dengan memberikan beban sebesar 732,65 N pada titik berat keseluruhan komponen yang berputar pada sumbu putar dan gaya silinder hidrolik sebesar 2310,26 N pada shaft rod cap. Fokus pemberian beban diterapkan seperti yang telah ditunjukkan pada gambar 7.

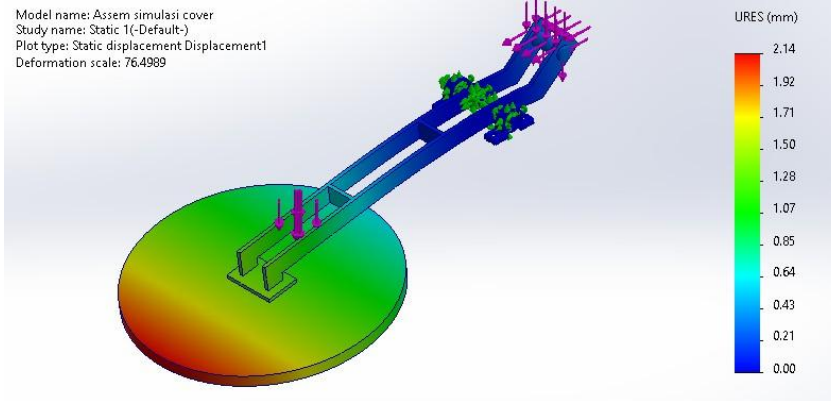


Gambar 7. Hasil Simulasi Tegangan

Dari simulasi yang dilakukan, telah didapatkan hasil tegangan maksimal yang terjadi pada bagian arm sebesar 71,95 MPa. Furnace door dinyatakan aman karena nilai tegangan maksimal masih dibawah nilai tegangan luluh (yield strength) material SS400 yakni 245 MPa.

2. Deformasi (Displacement)

Tahap kedua adalah deformasi. Deformasi merupakan perubahan bentuk pada suatu benda ketika diberikan gaya. Terlihat perubahan bentuk pada rangka saat dikenai pembebanan.

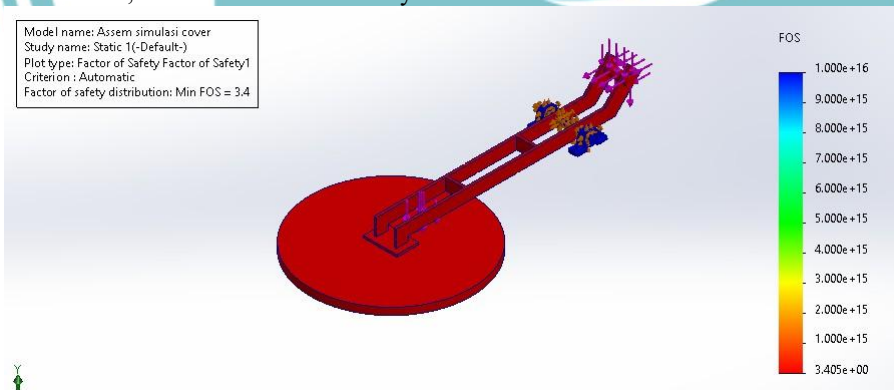


Gambar 8. Hasil Simulasi Deformasi

Hasil simulasi deformasi (displacement). Didapatkan ketika diberi pembebanan total sebesar 732,65 N pada titik berat keseluruhan komponen yang berputar pada sumbu putar dan gaya silinder hidrolik sebesar 2310,26 N pada shaft rod cap adalah 2,14 mm. Angka tersebut di bawah 3 mm sehingga hasil deformasi dinyatakan aman.

3. Faktor Keamanan

Tahap simulasi ketiga adalah faktor keamanan. Dalam suatu rancangan apabila hasil faktor keamanan berhasil melebihi satu, maka benda tersebut dinyatakan aman.



Gambar 9. Hasil Simulasi Faktor Keamanan

Hasil simulasi faktor keamanan pada furnace door didapatkan sebesar 3,4. Angka tersebut sudah berada di nilai aman faktor keamanan karena sudah melewati nilai faktor keamanan beban statis sebesar 1,2 [10]. Maka dapat dinyatakan rancangan furnace door bersifat aman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan PT X, dapat disimpulkan bahwa desain dengan penggunaan mekanisme penggerak hidrolik berbahan baja struktural karbon SS400 merupakan solusi yang aman dan memenuhi tujuan perancangan. Hal ini dibuktikan melalui perhitungan analitik teoritis di mana komponen *arm* masih dalam keadaan aman saat menahan pembebanan dengan tegangan maksimum sebesar 79,05 MPa, yang mana nilai tersebut berada jauh di bawah tegangan izin material (122,5 MPa). Kelayakan operasional ini

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



divalidasi selaras oleh hasil simulasi FEA pada perangkat lunak SolidWorks, yang mengonfirmasi bahwa tegangan maksimal sebesar 71,95 MPa tidak melewati batas tegangan luluh (*yield strength*) baja SS400 yakni 245 MPa. Selain itu, nilai deformasi yang maksimal 2,14 mm dengan tingkat faktor keamanan statis yang sebesar 3,4.

Dalam pengembangan penelitian lebih lanjut di masa mendatang, disarankan agar dilakukan analisis beban statis untuk mengevaluasi efek gaya kejut dari tekanan fluida hidrolik saat pertama kali diaktiasi, serta mengintegrasikan pelapis insulasi *refractory* pada *furnace door* dan grease pada *bearing pivot* untuk meningkatkan perlindungan dari paparan radiasi panas ruang peleburan secara maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing industri beserta karyawan-karyawan pihak industri atas ilmu yang telah diberikan selama periode praktik kerja lapangan. Berkat arahan dan bimbingan selama periode praktik kerja lapangan, penulis dapat mengerjakan dan menyelesaikan pengerjaan dalam kegiatan ilmiah ini.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



REFERENSI

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [1] A. A. F. Saldívar, R. J. Martínez, A. F. Valdés, J. T. Torres, R. M. O. Palacios, and Y. Li, "Mathematical Modelling for Furnace Design Refining Molten Aluminum," *Met.* 2021, Vol. 11, Page 1798, vol. 11, no. 11, p. 1798, Nov. 2021, doi: 10.3390/MET11111798.
- [2] S. V. Esmacili, F. Paridokht, A. Shalili, A. Mohsenian, and H. Dehghan, "Improving heat stress prevention through targeted education in hot and humid workplaces: a study in a foundry industry," *BMC Public Heal.* 2025 251, vol. 25, no. 1, pp. 2613-, Aug. 2025, doi: 10.1186/S12889-025-23851-5.
- [3] S. Cvejić *et al.*, "Development of Methodologies and Software for Design, Simulation and Optimization of Oil Hydraulic Cylinders of Large Dimensions and Power," *Appl. Sci.* 2024, Vol. 14, Page 7393, vol. 14, no. 16, p. 7393, Aug. 2024, doi: 10.3390/APP14167393.
- [4] S. Prasetya *et al.*, "Structural performance evaluation of mobile solar-powered battery swap station for electric motorcycles," *Eastern-European J. Enterp. Technol.*, vol. 6, no. 8 (132), pp. 25–33, Dec. 2024, doi: 10.15587/1729-4061.2024.318787.
- [5] J. Pustavrh, M. Hočevár, P. Podržaj, A. Trajkovski, and F. Majdič, "Comparison of hydraulic, pneumatic and electric linear actuation systems," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, pp. 20938-, Nov. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-47602-x.
- [6] Karl T. Ulrich; Steven D. Eppinger; Maria C. Yang, *Product Design and Development*, 7th ed. McGraw-Hill Education, 2019. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=id&id=zIVvEAAQBAJ&printsec=copyright&utm_source=chatgpt.com#v=onepage&q&f=false
- [7] J. K. Budynas, R. G., & Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design Textbook*, 11th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020. Accessed: Jul. 12, 2026. [Online]. Available: <https://studylib.net/doc/27654137/shigleys-mechanical-engineering-design---si-units-11th-ed?p=6>
- [8] C. K. Chan *et al.*, "Modelling Bodies in Static Equilibrium Using Python Programming: Bridging Theory and Practice," *Math. Model. Eng. Probl.*, vol. 12, no. 6, pp. 2195–2201, 2025, doi: 10.18280/mmep.120635.
- [9] R. H. . Shih, *Introduction to Finite Element Analysis Using SOLIDWORKS Simulation 2021*. Mission, KS: SDC Publications, 2021.
- [10] R. L. . Norton, *Machine design : an integrated approach*, 6 th. Boston: Pearson, 2020.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA