



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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Momen dan Gaya

Momen adalah hasil perkalian gaya dengan jarak yang saling tegak lurus. Pada tugas akhir ini momen utama berasal dari berat total desain *furnace door* yang terdiri dari *furnace door*, *lifting arm*, dan *end clevis pin* yang bekerja pada titik pusat massa terhadap *main pivot shaft*. Besar momen dapat dirumuskan seperti di bawah ini [6]:

$$M = F \times r \dots \dots \dots (1)$$

Apabila gaya penggerak yang bekerja membentuk sudut terhadap lengan momen, maka gaya yang dihitung merupakan komponen gaya yang tegak lurus terhadap lengan tersebut. Persamaan momen statisnya menjadi

$$M = F \times r \sin \theta \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

M = Momen (Nmm)

F = Gaya (N)

r = Jarak tegak lurus gaya terhadap titik putar (mm)

θ = Sudut antara lengan momen dan gaya ($^{\circ}$)

Pada suatu benda, terdapat gaya pada benda tersebut berupa berat benda itu sendiri. Berat memiliki persamaan sebagai berikut [6].

$$W = m \times g \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

W = Berat (N)

m = massa (Kg)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)



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

2.1.2 Gaya Hidrolik

Gaya aktuasi pada silinder hidrolik dihasilkan oleh tekanan fluida yang bekerja pada luas penampang efektif piston. Besarnya gaya sangat bergantung pada dimensi silinder dan tekanan operasi sistem. Persamaan dasar untuk menghitung gaya hidrolik pada saat silinder melakukan langkah dorong maju dirumuskan sebagai berikut [5]:

$$F = P \times A \dots\dots\dots (4)$$

Luas Penampang silinder dapat dirumuskan:

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2) \dots\dots\dots (5)$$

Untuk gaya yang bekerja dengan membentuk sudut terhadap sumbu referensi dapat diuraikan menjadi dua komponen gaya yang saling tegak lurus, yaitu komponen horizontal dan komponen vertikal. Berdasarkan prinsip trigonometri, penguraian komponen vektor gaya tersebut dirumuskan sebagai berikut

$$F_x = F \cos \alpha \dots\dots\dots (6)$$

$$F_y = F \sin \alpha \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

F = gaya silinder (N)

F_x = Gaya Horizontal (N)

F_y = Gaya Vertikal (N)

P = tekanan hidrolik (N/mm² atau MPa)

A = luas penampang efektif piston (mm²)

D = diameter silinder (mm)

α = sudut gaya terhadap sumbu referensi secara tegak lurus (°)

2.1.3 Keseimbangan Benda Tegar dan Resultan Gaya

Suatu sistem mekanis dikatakan berada dalam keadaan setimbang statis apabila resultan dari seluruh gaya yang bekerja pada benda tersebut bernilai nol. Pada analisis bidang dua dimensi, syarat keseimbangan gaya ini diuraikan ke dalam



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

komponen sumbu horizontal dan sumbu vertikal dengan persamaan sebagai berikut [6]:

$$\Sigma F_y = 0 \dots\dots\dots (8)$$

$$\Sigma F_x = 0 \dots\dots\dots (9)$$

Apabila komponen gaya pada sumbu x dan sumbu y telah diketahui, besarnya gaya resultan total yang bekerja pada titik tumpuan tersebut dapat dihitung menggunakan prinsip penjumlahan vektor yang saling tegak lurus, yaitu dengan rumusan:

$$R_F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan

ΣF_x = Total gaya horizontal (N)

F_x = Total gaya horizontal (N)

ΣF_y = Total gaya vertikal (N)

F_y = Gaya vertikal (N)

R_F = Resultan Gaya

2.1.4 Faktor Keamanan

Faktor keamanan (*safety factor*) adalah faktor yang menyatakan seberapa kuat suatu sistem dibanding yang dibutuhkan sistem tersebut untuk beban yang diinginkan. Menurut Budynas dan Nisbett, faktor keamanan dalam perancangan teknik sebagai bagian dari hubungan antara tegangan, kekuatan, dan ketidakpastian pada suatu rancangan [7]. Faktor keamanan dapat dikatakan aman jika nilainya di atas 1. Berikut adalah rumus dari faktor keamanan:

$$\text{Faktor Keamanan} = \text{Kekuatan sebenarnya} / \text{Kekuatan yang dibutuhkan}$$

Apabila faktor keamanan bernilai kurang dari 1, maka hasil dari sebuah desain yang dirancang dikatakan gagal permanen. Faktor keamanan dapat dipilih berdasarkan bebannya, yaitu:



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

Tabel 2. 1 Faktor Keamanan Berdasarkan Beban

No	Jenis Beban	Faktor Keamanan
1.	Beban Statis	1,25 – 2
2.	Beban Dinamis	2 – 3
3.	Beban Kejut	3 – 5

sumber: V. Dobrovolsky and K. Zablonsky, “Machine elements: a textbook”, 1978 [18]

Pada Tabel 2.4., nilai faktor keamanan dapat ditentukan berdasarkan karakteristik beban yang diterima oleh komponen. Beban statis menggunakan rentang faktor keamanan sebesar 1,25–2, sedangkan beban dinamis dan beban kejut menggunakan nilai yang lebih tinggi.

Selain digunakan untuk menurunkan tegangan luluh material menjadi tegangan izin, faktor keamanan juga digunakan untuk menaikkan target beban kerja menjadi beban/gaya rencana (*design force*). Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi lonjakan beban yang tidak terduga, dengan persamaan [8].

$$F_{rencana} = F \times SF \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

$F_{rencana}$ = Gaya yang direncanakan (N)

F = Gaya asli (N)

SF = Faktor Keamanan

2.1.5 Tegangan

Tegangan adalah perbandingan dari besarnya gaya yang bekerja pada luas penampang di mana gaya itu diberikan. Dalam perancangan desain, tegangan digunakan untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat diterima suatu material komponen agar dapat memastikan apakah komponen tersebut aman atau memiliki risiko rusak. Terdapat tegangan normal dan tegangan geser yang masing-masing dilambangkan dengan σ dan τ dengan satuan N/m^2 atau pascal (Pa) [7].

1. Tegangan Izin

Suatu struktur bisa dinyatakan aman apabila tegangan maksimumnya tidak melebihi tegangan izin, dan sebaliknya suatu struktur tidak dapat

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

dinyatakan aman karena tegangan maksimumnya lebih besar dari tegangan izinya. Tegangan izin dapat dihitung menggunakan persamaan seperti berikut [7]:

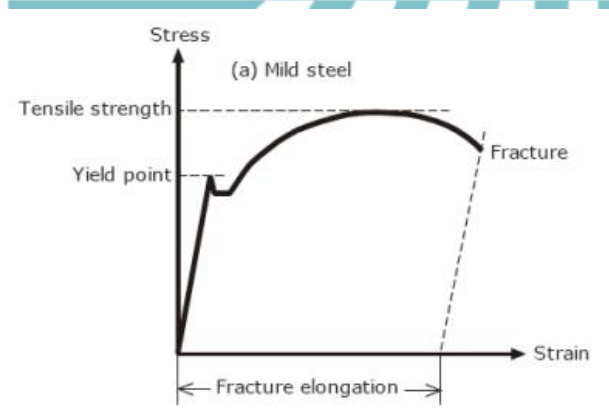
$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_y}{SF}$$

Untuk tegangan geser izin:

$$\tau_{izin} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3} \times SF} \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan:

- σ_{izin} = Tegangan izin (MPa)
 σ_y = *Yield strength* material (MPa)
 SF = Faktor keamanan



Gambar 2. 1 Kurva Tegangan-Regangan dan Yield Strength Material
 Sumber: KOBELCO Welding, "Yield Point and 0.2% Offset Yield Strength." [19]

Pada Gambar 2.1., hubungan antara tegangan dan regangan digunakan untuk mengetahui suatu karakteristik mekanik dari material. Parameter penting yang dapat diamati adalah titik *yield strength* suatu material. Nilai tersebut menunjukkan batas ketika material mulai mengalami deformasi plastis dan tidak bisa Kembali ke bentuk awal. *Yield strength* dapat digunakan untuk menentukan tegangan izin melalui pembagian dengan faktor keamanan.

2. Tegangan Lentur

Tegangan lentur (*bending stress*) terjadi ketika suatu komponen menerima momen lentur. Pada *furnace door*, tegangan lentur dapat terjadi pada

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

lifting arm, main pivot shaft, end clevis pin dan *base clevis pin* akibat beban berat *furnace door* dan gaya silinder. Tegangan lentur dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut [8]:

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \dots \dots \dots (13)$$

Untuk momen lentur :

Untuk profil penampang persegi panjang:

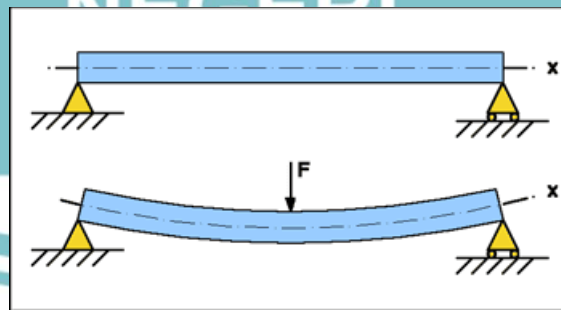
$$Z = \frac{b \times h^2}{6} \dots \dots \dots (14)$$

Untuk profil penampang poros pejal:

$$Z = \frac{\pi d^3}{32} \dots \dots \dots (15)$$

Keterangan:

- σ_b = tegangan lentur (MPa)
- M = momen lentur (Nmm)
- Z = modulus penampang (mm^3)
- b = lebar profil penampang (mm)
- h = tebal profil penampang searah beban (mm)
- d = diameter poros (mm)



Gambar 2. 2 Tegangan Lentur Pada Balok

sumber : Prof. Kodali, "Shear Force and Bending Moments" [20]

Berdasarkan Gambar 2.2., tegangan lentur terjadi ketika suatu komponen menerima beban yang menghasilkan momen lentur. Akibat

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

pembebanan tersebut, terdapat sisi komponen yang mengalami tegangan tarik dan sisi lainnya mengalami tegangan tekan.

3. Tegangan Geser

Tegangan geser dapat terjadi ketika gaya yang bekerja sejajar pada suatu bidang penampang. Persamaan dasar dari tegangan geser dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$\tau = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (16)$$

Jika penampang berbentuk lingkaran pejal, tegangan geser maksimum akibat dari gaya lintang dapat dirumuskan dengan [8]:

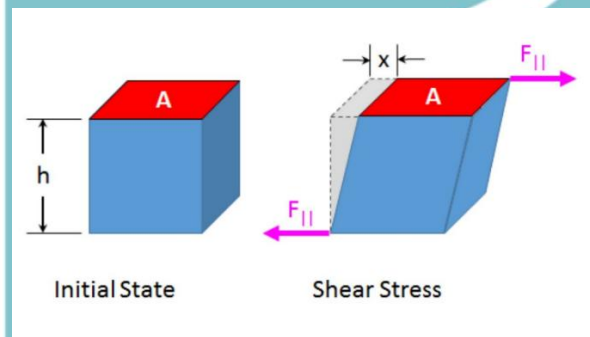
$$\tau = \frac{4V}{3A} \dots \dots \dots (17)$$

Keterangan:

τ = tegangan geser (MPa)

V = gaya lintang atau gaya geser internal (N)

A = luas penampang (mm²)



Gambar 2. 3 Tegangan Geser Pada Balok

sumber: KDM Fabrication, "Segala Hal yang Perlu Anda Ketahui Tentang Tegangan Geser"[21]

Pada Gambar 2.3., ditunjukkan tegangan geser terjadi ketika gaya bekerja sejajar terhadap bidang penampang suatu komponen. Gaya tersebut dapat menyebabkan bagian material mengalami kecenderungan bergeser terhadap bagian lainnya.

4. Tegangan Aksial

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

Tegangan aksial terjadi ketika suatu komponen menerima gaya statis maupun dinamis yang bekerja sejajar dengan sumbu memanjang (*longitudinal*) dari komponen tersebut. Pembebanan ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu gaya tarik (*tension*) yang cenderung meregangkan material, dan gaya tekan (*compression*) yang cenderung memampatkan material. Pada elemen mesin seperti lengan pengangkat (*lifting arm*), beban aksial umumnya timbul akibat adanya komponen gaya dorong atau tarik horizontal dari aktuator mekanis. Persamaan matematis untuk tegangan aksial dapat dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$\sigma_a = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (18)$$

Keterangan:

σ_a = Tegangan aksial (MPa)

F = Gaya aksial tarik atau tekan (N)

A = Luas penampang lintang komponen (mm²)

5. Tegangan Ekuivalen Von Mises

Tegangan ekuivalen Von Mises digunakan untuk mengevaluasi kondisi komponen yang mengalami kombinasi tegangan normal dan tegangan geser. Pada poros pivot, tegangan ekuivalen dapat digunakan untuk menggabungkan tegangan bending dan tegangan geser sehingga dapat dibandingkan dengan tegangan izin material. Persamaan tegangan ekuivalen adalah [7]:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} \dots \dots \dots (19)$$

Keterangan:

σ_{eq} = Tegangan ekuivalen Von Mises (MPa)

σ_b = Tegangan lentur (MPa)

τ = Tegangan geser (MPa)

6. Tegangan Gabungan

Pada elemen mesin yang menerima pembebanan lentur (*bending*) dan beban aksial (*axial*) secara bersamaan, tegangan normal total yang bekerja pada



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

penampang komponen tersebut merupakan hasil penjumlahan dari kedua tegangan tersebut. Persamaan untuk tegangan gabungan dapat dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$\sigma_{total,arm} = \sigma_{b,arm} + \sigma_{a,arm} \dots\dots\dots (20)$$

Keterangan:

σ_{total} = Tegangan normal total/gabungan (MPa)

σ_b = Tegangan lentur (MPa)

σ_a = Tegangan aksial (MPa)

2.1.6 Sambungan Las

Sambungan las merupakan sambungan yang diperoleh melalui peleburan sebagian material dasar komponen dan logam tambahan pengisi sehingga dua komponen atau lebih dapat menyatu secara permanen. Pada sambungan las fillet, kekuatan sambungan dipengaruhi oleh ukuran kaki las, panjang las, serta luas efektif las. Menurut Khurmi dan Gupta, luas efektif pada las fillet dapat dihitung berdasarkan tebal tenggorokan efektif, yaitu 0,7070 dari ukuran kaki las. Hubungan luas efektif las dapat ditulis sebagai berikut [8]:

$$A_w = 0,707 \times s \times L \dots\dots\dots (21)$$

Keterangan:

A_w = luas efektif las (mm²)

s = ukuran kaki las (mm)

L = panjang las (mm)

Berdasarkan standar perancangan seperti panduan dari *American Welding Society* (AWS), tegangan geser izin untuk elektroda las direkomendasikan sebesar 60% dari batas kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) elektroda tersebut. Persamaan penentuan tegangan geser izin elektroda dapat dituliskan sebagai [8]:

$$\bar{\tau} = 0,6 \times \bar{\sigma} \dots\dots\dots (22)$$

Keterangan:



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

$\bar{\tau}$ = Tegangan geser izin elektroda las (MPa)

$\bar{\sigma}$ = Kekuatan tarik maksimum (UTS) material elektroda (MPa)

Tegangan geser pada las dapat dihitung dengan [8]:

$$\tau_w = \frac{F}{A_w} \dots \dots \dots (23)$$

Keterangan:

τ_w = tegangan geser las (MPa)

F = gaya yang bekerja (N)

A_w = luas efektif las (mm²)

2.2 Kajian Literatur

Pada perancangan furnace door di PT XYZ diperlukan kajian literatur berupa penelitian terkait. Penelitian terdahulu pernah meneliti perbaikan sistem *melting furnace* untuk meningkatkan efisiensi industri. Saldívar et al. melakukan pemodelan matematis untuk desain tungku peleburan aluminium guna mengoptimalkan efisiensi termal dan proses pemurnian [1]. Selain itu, keselamatan dan kesehatan kerja pekerja di area kerja juga menjadi prioritas. Esmaeili et al., mengkaji pencegahan tekanan panas (*heat stress*) pada pekerja di industri pengecoran yang menekankan pentingnya mekanisasi sistem untuk mengurangi paparan panas langsung pada operator [2].

Dalam aspek sistem penggerak mekanis, Cvejić et al., mengembangkan metodologi untuk perancangan serta simulasi silinder hidrolik. Kajian tersebut membuktikan bahwa penggunaan sistem aktuasi hidrolik sangat stabil dan efektif untuk menangani beban berat pada aplikasi industri [4]. Diperlukan juga validasi keamanan struktur hasil rancangan mekanis menggunakan pendekatan numerik, yaitu metode *Finite Element Analysis* (FEA). Merotde tersebut telah divalidasi signifikansinya dalam perancangan fasilitas industri, sebagaimana dibuktikan oleh Prasetya et al., pada pengembangan struktur fasilitas penukaran baterai [3].

2.3 Kajian Sistem

2.3.1 Melting Furnace

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

Melting furnace adalah alat umum yang digunakan dalam proses pengecoran logam untuk meleburkan material logam padat menjadi material logam cair [9]. Pada umumnya *melting furnace* terdiri dari beberapa bagian utama, antara lain *crucible* sebagai wadah/ruang peleburan, elemen pemanas (*burner*), dan sistem mekanik untuk pengangkatan/pemiringan furnace. Karena proses peleburan pada *melting furnace* bekerja pada temperatur tinggi, maka bagian dalam *melting furnace* dilapisi insulation berupa batu tahan api (refractory brick) untuk memastikan kehilangan panas seminimal mungkin dari furnace [9].



Gambar 2. 4 Melting Furnace pada PT XYZ

Berdasarkan Gambar 2.4., *melting furnace* pada PT XYZ digunakan sebagai alat untuk meleburkan material aluminium sebelum didistribusikan ke mesin produksi casting melalui *ladle transfer*. Temperatur kerja burner pada *melting furnace* dapat mencapai 600°C. Pada bagian atas *furnace* terdapat lubang bukaan yang digunakan dalam proses pengisian material.

2.3.2 Furnace Door

Furnace door merupakan alat yang digunakan untuk menutup lubang bukaan pada *melting furnace*. Ketika lubang bukaan furnace terbuka, *heat loss* dapat meningkat secara signifikan [10]. Alat ini berfungsi mengurangi keluarnya panas dari ruang peleburan secara langsung. Dengan tertutupnya ruang furnace, panas tidak

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

mudah keluar, sehingga burner tidak perlu bekerja terlalu berat atau bahan bakar dapat ditekan.



Gambar 2. 5 Furnace door

Sumber : IndiaMART, “Aluminium Melting Cum Holding Furnace” [22]

Berdasarkan Gambar 2.5., *furnace door* dipasang pada bagian atas *melting furnace* untuk menutup lubang bukaan ruang peleburan. Penutup tersebut dilengkapi aktuator sebagai penggerak mekanisme buka-tutup. Bentuk dan mekanisme *furnace door* dapat disesuaikan dengan kondisi *furnace* serta kebutuhan pengoperasian di industri.

2.3.3 Aktuator

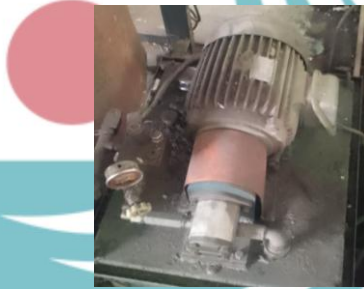
Aktuator merupakan komponen penggerak yang memiliki fungsi untuk mengubah energi menjadi gerakan mekanis. Pada perancangan *furnace door*, aktuator diperlukan sebagai bantu proses buka-tutup *door* agar pengoperasian tidak dilakukan secara manual oleh operator. Penggunaan aktuator bertujuan meningkatkan aspek ergonomis dalam pengoperasiannya. Sistem aktuasi yang umum diaplikasikan pada dunia industri, antara lain menggunakan sumber sistem hidrolik, pneumatik, dan elektrik [11]. Salah dua jenis aktuator umum yang digunakan oleh industri adalah:

1. Motor Listrik

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

Motor listrik mengubah energi listrik menjadi gerakan rotasi. Motor listrik dianggap sebagai salah satu teknologi penting dalam industri modern, seperti industri penanganan material, industri makanan dan minuman, dan industri kendaraan listrik. Jenis motor listrik yang umum digunakan pada aplikasi industri adalah motor induksi 3 phase. Motor listrik dapat digunakan sebagai penggerak sistem gerakan putar yang diteruskan melalui komponen transmisi seperti gearbox dan sprocket.



Gambar 2. 6 Motor Listrik PT XYZ

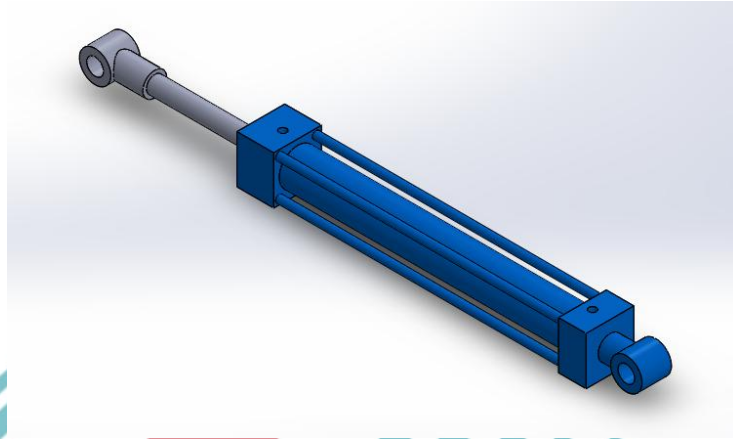
Berdasarkan Gambar 2.6., motor listrik memiliki poros keluaran yang dapat menghasilkan gerakan rotasi. Gerakan rotasi motor akan diteruskan melalui komponen transmisi seperti *clutch*, *gearbox*, atau *sprocket-rantai*.

2. Silinder Hidrolik

Silinder Hidrolik menghasilkan gerakan linear dengan tekanan fluida yang bekerja pada piston. Ketika oli bertekanan masuk ke salah satu sisi silinder, piston terdorong sehingga rod bergerak maju atau mundur.

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



Gambar 2. 7 Silinder Hidrolik

Berdasarkan Gambar 2.7., silinder hidrolik yang dibuat dengan software CAD merupakan tipe tie rod yang memiliki bentuk dasar berupa tabung silinder, piston, dan rod dengan kedua tutup ujung tabung silinder ditahan menggunakan batang baja berulir. Jumlah batang pengikat biasanya mencapai buah, tergantung pada diameter lubang dan tekanan operasi. Gaya yang dihasilkan silinder hidrolik dipengaruhi oleh tekanan fluida dan luas penampang efektif piston.

2.3.4 Bearing

Bearing atau bantalan merupakan elemen mesin dengan peranan penting dalam sistem rotasi yang memiliki fungsi untuk menempatkan komponen mesin yang bergerak, menopang beban radial dan aksial, serta mengurangi gesekan [12]. Pada *furnace door*, *bearing* digunakan sebagai tumpuan poros pivot yang menjadi sumbu putar *lifting arm*. Penggunaan *pillow block bearing* mempermudah pemasangan, penyelarasan poros, dan perawatan mekanisme.



Gambar 2. 8 Pillow Block Bearing PT XYZ

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

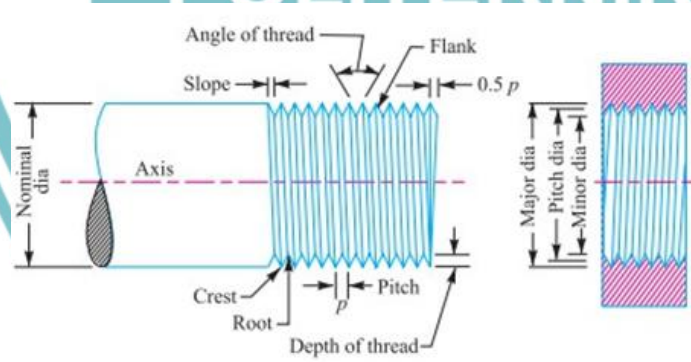
Pada Gambar 2.8., *pillow block bearing* terdiri dari bantalan yang ditempatkan pada housing dan dilengkapi dengan lubang pemasangan. Bentuk tersebut mempermudah proses pemasangan *bearing* pada struktur penopang.

2.3.5 Shaft

Shaft adalah elemen mesin yang berfungsi sebagai penerus gerak putaran atau sebagai tumpuan komponen yang berputar. *Shaft* memiliki bentuk batang berpenampang lingkaran. Di dunia industri, *shaft* banyak digunakan pada motor listrik, gearbox, conveyor, pompa, turbin, crane, dan berbagai sistem mekanik lainnya. Dalam desain shaft, gaya, berat komponen yang ditumpu, momen bending, torsi, dan defleksi dapat menjadi faktor yang perlu diperhitungkan untuk menentukan kemampuan shaft menerima beban kerja [13].

2.3.6 Baut dan Mur

Baut dan mur adalah elemen pengikat dalam penyambungan dua komponen atau lebih. Baut adalah batang berulir yang memiliki kepala pada salah satu ujungnya. Baut dimasukkan ke dalam lubang 2 komponen, kemudian dikencangkan menggunakan mur. Sambungan baut banyak digunakan dalam dunia industri karena kemudahan dalam proses perakitan, pembongkaran, dan fleksibilitas desainnya [14].



Gambar 2. 9 Istilah-Istilah pada Ulir Baut dan Mur

sumber : Khurmi, R. S. dan Gupta, J. K. (2005). *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House [8]

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

Berdasarkan Gambar 2.9., ulir baut dan mur memiliki beberapa istilah penting yang digunakan untuk menjelaskan dimensinya. Istilah-istilah pada baut dan mur adalah sebagai berikut:

1. Major Diameter
Diameter paling besar dari ulir sekrup eksternal atau internal. Sekrup ditentukan oleh diameter ini.
2. Minor Diameter
Diameter paling kecil dari sekrup eksternal maupun internal.
3. Pitch diameter
Diameter khayal diantara diameter mayor dan diameter minor yang biasa disebut juga dengan diameter efektif.
4. Pitch
Jarak dari titik pada suatu ulir sampai titik yang sama pada ulir berikutnya.
5. Lead
Lead adalah jarak antara dua titik kesesuaian pada garis sekrup yang sama. Dapat didefinisikan sebagai jarak pergerakan sumbu ulir dalam satu putaran mur.
6. Crest
Crest adalah bagian dari permukaan atas ulir
7. Root
Root merupakan permukaan bawah yang dibentuk oleh dua sisi ulir.
8. Depth of Thread.
Depth of thread adalah jarak tegak lurus antara crest dan root.
9. Angle of thread.
Bagian ini adalah sudut yang terbentuk oleh sisi-sisi ulir.
10. Slope
Slope adalah jarak dari setengah ulir.

2.3.7 Material Furnace Door

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

Furnace door akan menerima beban mekanik sekaligus paparan temperatur dari ruang peleburan. Menurut Michael F. Ashby, pemilihan material perlu mempertimbangkan fungsi komponen, batasan kerja, tujuan rancangan, dan variabel yang masih dapat dipilih [15]. Beberapa material seperti SS400, ASTM A516 Grade 70, dan SUS 304 dapat dijadikan pilihan karena memiliki potensi penggunaan pada lingkungan kerja bertemperatur tinggi.

1. SS400

SS400 merupakan baja struktural karbon rendah yang sering menjadi material pilihan pada konstruksi umum dan komponen mesin karena mudah difabrikasi, mudah dilas, tersedia di pasaran, dan relatif ekonomis. Pada perancangan *furnace door*, material SS400 digunakan karena pertimbangan ketersediaan material di industri serta biaya yang lebih terjangkau.

Tabel 2. 2 Material Properties SS400

No	Properties	Value	Description
Physical Properties			
1	Density	7,85 g/cm ³	Properti fisik
Mechanical Properties			
2	Yield Strength	245 MPa	Acuan tegangan izin
3	Ultimate Tensile Strength	400–510 MPa	Kekuatan tarik maksimum
4	Elastic Modulus	206 GPa	Young Modulus
5	Shear Modulus	80 GPa	Tipikal baja struktural
6	Poisson Ratio	0,3	Tipikal baja
Thermal Properties			
7	Thermal Conductivity	51,6 W/m·K	Dipakai pada simulasi termal sesuai data material
8	Specific Heat	473 J/kg·K	Properti termal



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

9	<i>Coefficient Of Thermal</i>	1,17e-5/K	Acuan pemuaian termal
---	-------------------------------	-----------	-----------------------

Sumber: JIS G 3101:2024 dan Kumagai Special Steel [23]

Berdasarkan Tabel 2.1., material SS400 memiliki massa jenis sebesar 7,85 g/cm³ dan nilai *yield strength* sebesar 245 MPa. Nilai *yield strength* tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan tegangan izin material. Sementara itu, nilai massa jenis digunakan dalam pemodelan menggunakan SolidWorks untuk memperoleh massa setiap komponen dan massa total komponen yang bergerak.

2. ASTM A516 Grade 70

ASTM A516 Grade 70 adalah baja karbon umum yang digunakan pada aplikasi komponen yang membutuhkan kekuatan mekanik baik. Kekuatan tarik dan kekuatan luluh material ini lebih tinggi dibandingkan seperti SS400. Kelebihan ASTM A516 Grade 70 adalah kekuatan mekaniknya yang baik dan penggunaannya yang umum pada konstruksi dengan tekanan atau temperatur kerja, sehingga berpotensi digunakan sebagai material pada *furnace door* yang menerima beban mekanik dan temperatur kerja tertentu.

Tabel 2. 3 Material Propertis ASTM A516 Grade 70

<i>No</i>	<i>Properties</i>	<i>Value</i>	<i>Description</i>
<i>Physical Properties</i>			
1	<i>Density</i>	7,85 g/cm ³	Typical for ASTM steel
<i>Mechanical Properties</i>			
2	<i>Yield Strength</i>	260 MPa	Acuan tegangan izin
3	<i>Ultimate Tensile Strength</i>	485–620 MPa	Kekuatan tarik maksimum
4	<i>Elastic Modulus</i>	200 GPa	Young Modulus
5	<i>Shear Modulus</i>	77 GPa	Tipikal baja
6	<i>Poisson Ratio</i>	0,3	Tipikal baja karbon
<i>Thermal Properties</i>			

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

7	Thermal Conductivity	50–52 W/m·K	Dipakai pada simulasi termal sesuai data material
8	Specific Heat	470 J/kg.K	Properti termal
9	Coefficient Of Thermal	1,2e–5/K	Acuan pemuaian termal

Sumber: MatWeb, "ASTM A516 Carbon Steel, Grade 70." [24]

Pada Tabel 2.2., material ASTM A516 Grade 70 mempunyai massa jenis sebesar 7,85 g/cm³ dan *yield strength* sebesar 260 MPa. Nilai *yield strength* tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan SS400. Material ini juga memiliki ultimate tensile strength pada rentang 485–620 MPa.

3. SUS 304

SUS 304 adalah stainless steel austenitik yang memiliki ketahanan korosi dan oksidasi lebih baik dibandingkan baja karbon biasa. Material ini banyak digunakan pada komponen yang bekerja pada lingkungan lembap, korosif, atau temperatur tinggi tertentu. Material ini memiliki koefisien muai termal yang relatif lebih besar dibandingkan baja karbon, sehingga potensi deformasi akibat temperatur perlu diperhatikan. Meskipun memiliki ketahanan oksidasi yang lebih baik ketika terpapar panas, SUS 304 memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan SS400 dan ASTM A516 Grade 70.

Tabel 2. 4 Material Properties SUS 304

No	Properties	Value	Description
Physical Properties			
1	Density	8,00 g/cm ³	Properti fisik
Mechanical Properties			
2	Yield Strength	205 MPa	Acuan tegangan izin
3	Ultimate Tensile Strength	510–620 MPa	Kekuatan tarik maksimum
4	Elastic Modulus	190–203 GPa	Young Modulus

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

5	<i>Shear Modulus</i>	74–81 GPa	Tipikal baja stainless
6	<i>Poisson Ratio</i>	0,265–0,275	Tipikal baja stainless
<i>Thermal Properties</i>			
7	<i>Thermal Conductivity</i>	14–17 W/m·K	Dipakai pada simulasi termal sesuai data material
8	<i>Specific Heat</i>	490–530 J/kg·K	Properti termal
9	<i>Coefficient Of Thermal</i>	1,6–1,8e–5/K	Acuan pemuaian termal

Sumber: AZoM, "Stainless Steel Grade 304 (UNS S30400)." [25]

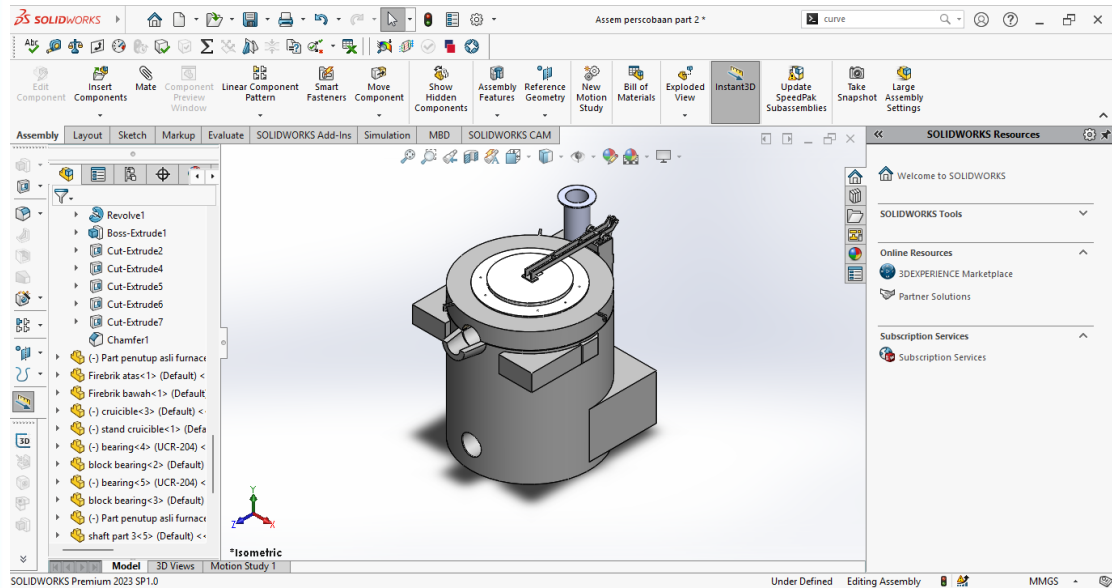
Berdasarkan Tabel 2.3., material SUS 304 memiliki massa jenis sebesar 8,00 g/cm³ dan *yield strength* sebesar 205 MPa. Material ini memiliki thermal conductivity pada rentang 14–17 W/m·K, lebih rendah dibandingkan dengan SS400 dan ASTM A516 Grade 70. SUS 304 juga memiliki ketahanan korosi dan oksidasi yang lebih baik dibandingkan baja karbon. Namun, nilai coefficient of thermal expansion SUS 304 relatif lebih tinggi sehingga potensi pemuaian akibat paparan temperatur perlu diperhatikan.

2.3.8 *Software SolidWorks*

SolidWorks merupakan salah satu software Computer Aided Design (CAD) yang digunakan untuk membuat model tiga dimensi, melakukan assembly, membuat gambar teknik, serta simulasi. Menurut Randy H. Shih, pembuatan model 3d dengan SolidWorks lebih mudah diinterpretasikan dan mudah diubah, simulasi beban juga dapat diterapkan dan ditampilkan secara grafis [16]. Dengan bantuan fitur yang disediakan software, hal ini dapat menghemat waktu dan meningkatkan produktivitas dalam perancangan, sehingga mendapatkan desain yang optimal.

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



Gambar 2. 10 Pemodelan Melting Furnace pada SolidWorks

Pada Gambar 2.10., SolidWorks digunakan untuk mempermudah membuat model rancangan desain, mengetahui massa rancangan desain, menentukan titik pusat massa rancangan desain, serta melakukan simulasi beban statis. Hasil simulasi dengan software 3D modelling akan menunjukkan perbandingan antara tegangan yang terjadi dengan kekuatan material. Hal tersebut dapat menjadi acuan dalam mengambil kesimpulan gagal atau tidaknya rancangan yang dibuat.

2.3.9 Pemilihan Konsep Desain

Tahapan pemilihan konsep desain dilakukan untuk memilih rancangan desain terbaik dari beberapa alternatif konsep yang telah dibuat. Beberapa konsep yang dibuat dapat memiliki fungsi yang sama, tetapi dapat berbeda dari beberapa hal, seperti segi mekanisme kerja, ketersediaan komponen, kemudahan pembuatan, kemudahan pengoperasian, keamanan, dan perawatan. Dengan pertimbangan tersebut, Keputusan desain tidak boleh hanya berdasarkan perkiraan, tetapi melalui proses penilaian. Menurut Ulrich, Eppinger, dan Yang, pemilihan konsep berupa proses evaluasi beberapa alternatif rancangan desain dilakukan dengan metodologi seleksi yang melalui dua tahap, yaitu concept screening dan concept scoring [17].

1. Concept screening



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

Pada *concept screening*, konsep-konsep yang telah dibuat dibandingkan dengan beberapa kriteria pemilihan tertentu. Penilaian dilakukan dengan cara membandingkan setiap konsep terhadap konsep acuan. Penilaian *concept screening* umumnya menggunakan tanda sederhana, yaitu [17]:

1. + = untuk menunjukkan konsep lebih baik dari konsep acuan.
2. 0 = untuk menunjukkan konsep setara dengan konsep acuan.
3. - = untuk menunjukkan konsep lebih buruk dari konsep acuan.

Setelah diberi penilaian, jumlah nilai positif, netral, dan negatif dihitung untuk mengetahui konsep mana yang memiliki potensi paling baik. Konsep desain yang memiliki nilai rendah dapat dieliminasi, sedangkan konsep yang memiliki nilai baik dapat dilanjutkan ke tahap penilaian berikutnya. Tahap ini membantu menentukan apakah beberapa konsep desain yang telah dibuat layak dilanjutkan ke proses penilaian yang lebih detail.

2. *Concept scoring*

Concept scoring adalah tahap penilaian lanjutan setelah *concept screening* yang lebih rinci. Pada tahap ini, setiap kriteria pemilihan diberi bobot sesuai tingkat kepentingannya. Kriteria yang memiliki pengaruh lebih besar terhadap rancangan akan diberikan bobot yang lebih tinggi dibandingkan kriteria yang pengaruhnya lebih kecil.

Setelah penentuan bobot, setiap konsep akan diberikan *rating* terhadap masing-masing kriteria. Skala *rating* dapat berupa dari angka 1 sampai 5. Nilai akhir dari *scoring* diperoleh dari hasil perkalian bobot dan *rating*. Setelah itu seluruh skor dapat dijumlahkan untuk mendapatkan total nilai setiap konsep. Total skor tertinggi dari satu konsep rancangan desain dapat dipilih sebagai konsep rancangan yang paling sesuai. Rumus sederhana konsep *scoring* yaitu [17]:

$$S = W \times R \dots \dots \dots (24)$$

Keterangan:



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

S = Skor tertimbang

W = Bobot kriteria

R = Rating konsep

Total skor konsep dapat dihitung dengan:

$$Stotal = \sum(Wi \times Ri) \dots\dots\dots (25)$$

Keterangan:

Stotal = Total skor konsep

Wi = Bobot pada kriteria ke-i

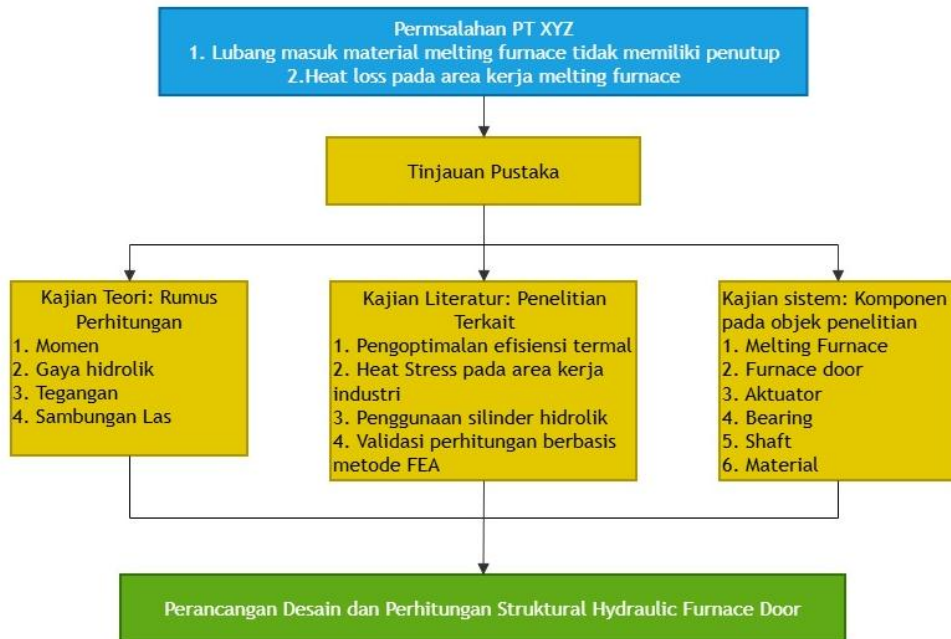
Ri = Rating konsep pada kriteria ke-i

2.4 Kerangka Pemikiran

Pada Gambar 2.11., dalam perancangan furnace door, diperlukan tinjauan pustaka yang terdiri dari kajian teori, kajian literatur, dan kajian sistem yang akan mendukung penelitian. Berdasarkan kajian teori dan literatur yang telah diuraikan, perancangan *hydraulic furnace door* pada *melting furnace* di PT XYZ didasari oleh kebutuhan untuk mengurangi kehilangan panas (*heat loss*) serta meningkatkan aspek ergonomi dan keselamatan operator dari paparan suhu ekstrem. Proses perancangan diawali dengan seleksi alternatif mekanisme menggunakan metode pemilihan *Concept Screening* dan *Concept Scoring*.

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



Gambar 2. 11 Kerangka Pemikiran

Desain terpilih kemudian dianalisis menggunakan prinsip kesetimbangan benda tegar statis untuk menentukan gaya aktuator silinder hidrolik yang dibutuhkan. Selanjutnya, kekuatan struktural komponen utama seperti *lifting arm* dan *shaft* dievaluasi melalui perhitungan tegangan (tegangan lentur, geser, aksial, dan Von Mises). Pemilihan material mempertimbangkan kekuatan mekanik dan ketersediaan di industri. Hasil perhitungan teoritis tersebut kemudian divalidasi menggunakan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) berbasis perangkat lunak 3D untuk memastikan tegangan maksimum yang terjadi tidak melebihi batas tegangan izin material.

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

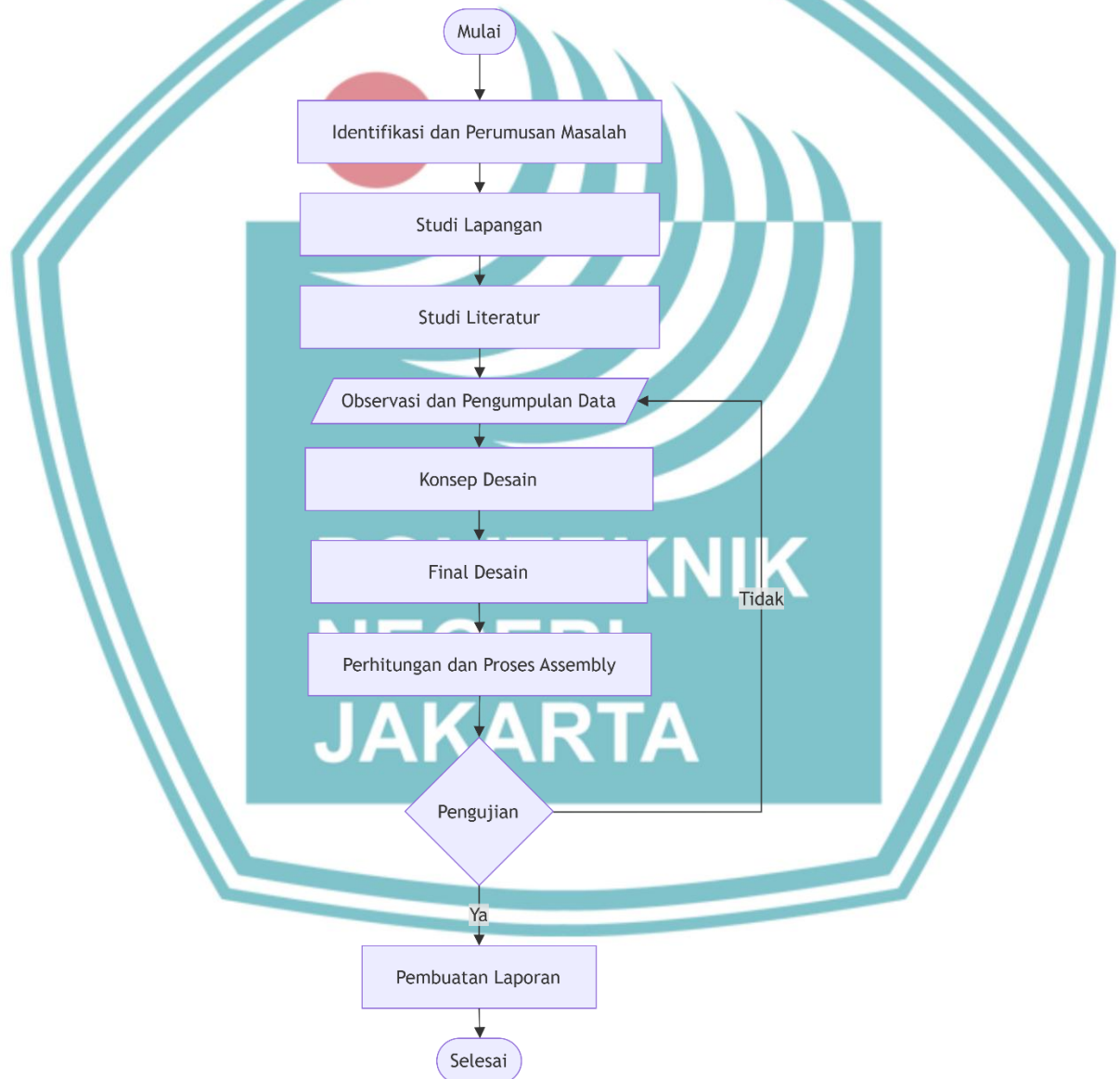
BAB III

METODOLOGI Pengerjaan

3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Pada Gambar 3.1. ini terdapat diagram alir tentang pengerjaan tugas akhir.

Diagram alir pengerjaan tugas akhir disusun dengan urutan sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan

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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2 Tempat dan Waktu Pengerjaan

Pengerjaan tugas akhir dilaksanakan di PT XYZ sebagai tempat observasi, pengumpulan data, dan identifikasi kebutuhan rancangan. Sedangkan kegiatan konsultasi dan penyusunan laporan dilakukan di kampus Politeknik Negeri Jakarta dengan dosen pembimbing. Waktu pengerjaan tugas akhir dilakukan selama kurang lebih enam bulan, dimulai dari kegiatan On Job Training (OJT) hingga penyusunan laporan tugas akhir.

3.3 Penjelasan Langkah Kerja

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.1. pelaksanaan pembuatan tugas akhir ini, langkah kerja dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi masalah dilakukan melalui penelusuran di lapangan. Alur penelusuran dimulai dengan observasi visual langsung pada *melting furnace* dan wawancara tidak terstruktur dengan operator area peleburan terkait kendala operasional harian. Berdasarkan pengamatan, telah terjadi *heat loss* dan tingginya paparan suhu panas pada area kerja *melting furnace* PT XYZ Plant Casting. Hal ini dikeluhkan oleh operator *melting furnace* yang terpapar panas terus-menerus selama pengoperasian *furnace*.



Gambar 3. 2 Pengamatan area *melting furnace*

Berdasarkan Gambar 3.2, kondisi terpaparnya operator oleh panasnya ruang peleburan *melting furnace* dikarenakan lubang bukaan *furnace* tidak memiliki

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

mekanisme penutup yang memadai. Oleh karena itu, masalah ini akan diselesaikan melalui perancangan *hydraulic furnace door* dengan struktur yang kuat pada *melting furnace* sehingga mampu menutup bukaan untuk menekan *heat loss* sekaligus dioperasikan oleh operator dari jarak aman.

3.3.2 Studi Lapangan

Studi lapangan dilaksanakan di lokasi produksi PT XYZ dengan rincian kegiatan sebagai berikut:

1. Mengamati siklus kerja *melting furnace* selama proses pengoperasian peleburan untuk mendokumentasikan posisi operator saat pengisian material sesuai dengan Gambar 3.2.



Gambar 3. 3 Kondisi area melting furnace

2. Pada Gambar 3.3., dilakukan pengukuran secara langsung geometri *melting furnace*, dan diameter lubang bukaan *furnace*. Data pengukuran ini dicatat dalam lembar spesifikasi teknis untuk menjadi parameter masukan (*input*) dalam pemodelan SolidWorks.

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



Gambar 3. 4 Pengukuran Geometri Melting Furnace

3. Pada Gambar 3.4., dilakukan diskusi dengan operator *melting furnace* terkait desain *furnace door* yang diinginkan dan ketersediaan komponen serta material di gudang.



Gambar 3. 5 Diskusi dengan Pihak PT XYZ

3.3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk membangun fondasi teoritis yang valid bagi perancangan *furnace door*. Literatur yang digunakan meliputi:

1. Referensi dari Khurmi dan Gupta digunakan sebagai rujukan utama perhitungan tegangan (lentur, geser, aksial) dan sambungan las [8]. Referensi ini dipilih karena merupakan standar baku dalam elemen mesin untuk memastikan perhitungan struktural yang aman.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

2. Teori Ulrich & Eppinger digunakan sebagai metode pemilihan konsep desain. [17]. Teori ini dipilih karena menyediakan kerangka kerja sistematis untuk melakukan seleksi konsep melalui *Screening* dan *Scoring*, sehingga keputusan desain didasarkan pada bobot kriteria yang objektif (biaya, kekuatan, kemudahan manufaktur).
3. Referensi buku Shih untuk panduan simulasi FEA [16]. Referensi ini diperlukan untuk memvalidasi desain yang dibuat telah memenuhi syarat keamanan ($\text{Faktor Keamanan} > 1$).

1. Data dimensi *furnace* yang diambil menggunakan *measuring tape* dan *caliper*.
Bukti data tercantum pada Gambar 3.5. dan Tabel 3.1



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan Tabel 3.1., diameter lubang bukaan furnace adalah 760 mm. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan desain yang akan dibuat minimal dapat menutupi lubang bukaan dengan diameter 760 mm.

Tabel 3. 1 Data Geometri Melting Furnace

No	Parameter	Nilai	Satuan
1.	Diameter Lubang Bukaan <i>Furnace</i>	760	mm
2.	Tinggi <i>Furnace</i>	1770	mm
3.	Tebal Dinding <i>Furnace</i>	10	mm
4.	Diameter <i>Furnace</i>	1590	mm

2. Data temperatur rata-rata *melting furnace* yang keluar ke area lingkungan kerja operator *melting furnace* dengan menggunakan heat gun.



Gambar 3. 7 Pengumpulan Data Temperatur Melting Furnace yang keluar ke area operator

Berdasarkan table 3.2., temperature rata-rata *melting furnace* pada area operator mencapai 72,28°C dengan temperatur maksimalnya 87,6°C

Tabel 3. 2 Data Temperatur Melting Furnace yang keluar ke area operator

Bagian	Waktu	Nilai	Satuan
Area Operator <i>Melting Furnace</i>	Menit 0	59,8	°C
	Menit 10	72,5	°C
	Menit 20	73,2	°C
	Menit 30	87,6	°C
Rata-rata Temperatur		72,28	°C



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

Dilakukan juga analisis kebutuhan industri dalam merancang desain *furnace door* dan pemilihan material dengan pihak PT XYZ untuk mengetahui kebutuhan spesifikasi dari perancangan *furnace door*. Berdasarkan hasil diskusi, didapatkan poin-poin dalam merancang desain *furnace door* sebagai berikut:

- a. Mampu menutup lubang bukaan *melting furnace* yang berdiameter 760 mm
- b. Menggunakan komponen dan material yang tersedia di pabrik.
- c. Pengoperasian mekanisme buka-tutup *furnace door* dapat dilakukan dengan mudah.
- d. Mengedepankan keamanan dalam pengoperasian.
- e. Mudah dalam perawatan.
- f. Mudah difabrikasi

Dari beberapa kebutuhan pihak PT XYZ di atas, telah dianalisis dan telah didapatkan nilai tingkat kepentingan. Metode penilaian kepentingan dilakukan melalui survey dari 5 responden pihak industri PT XYZ yang terdiri dari 1 kasie workshop dan peralatan, 2 staff peralatan, dan 2 operator *melting furnace*. Survey dilakukan pada tanggal 29 April 2026 dengan mengumpulkan data kuesioner kepada 5 responden pihak industri. Untuk hasil lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.3., di bawah ini.

Tabel 3. 3 Analisis Kebutuhan dan Tingkat Kepentingan

Kebutuhan	Tingkat Kepentingan					Nilai Rata-Rata
	R1	R2	R3	R4	R5	
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

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

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 tingkat kepentingan :

R = Responden

(1) = Sangat tidak penting

(2) = Tidak penting

(3) = Cukup penting

(4) = Penting

(5) = Sangat Penting

Didapatkan juga kebutuhan material untuk membuat komponen-komponen *furnace door*. berdasarkan hasil diskusi dengan PT XYZ, didapatkan poin-poin sebagai berikut..

- a. Material mampu menerima beban statis rancangan.
- b. Material memiliki sifat termal yang sesuai untuk area sekitar furnace
- c. Material mudah difabrikasi menggunakan metode pemotongan standar dan pengelasan tipe SMAW.
- d. Material tersedia di PT XYZ.

3.3.5 Pembuatan 3 Konsep Desain dengan *SolidWorks*

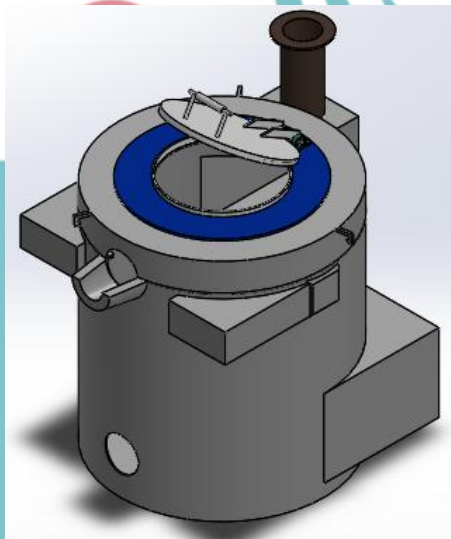
Pembuatan konsep desain mengacu pada metodologi *Product Design and Development* oleh Ulrich & Eppinger [17]. Tiga konsep desain dibuat sebagai alternatif pemecahan masalah dengan indikator kinerja yang didapatkan dari analisis kebutuhan industri. Setelah mengetahui kebutuhan industri dan menentukan kriteria perancangan, maka dapat disusun beberapa konsep desain, antara lain:

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

a. Konsep Pertama

Pada Gambar 3.8., terdapat gambaran konsep pertama yang menunjukkan *furnace door* dibuka dan ditutup secara manual menggunakan *handle* yang dapat ditarik dan didorong oleh operator secara langsung. *Furnace door* diberikan engsel atau sumbu putar sehingga door dapat berputar membuka dan menutup. *handle* pada bagian atas permukaan *furnace door* memudahkan operator dalam memberikan gaya saat membuka atau menutup *furnace door*.



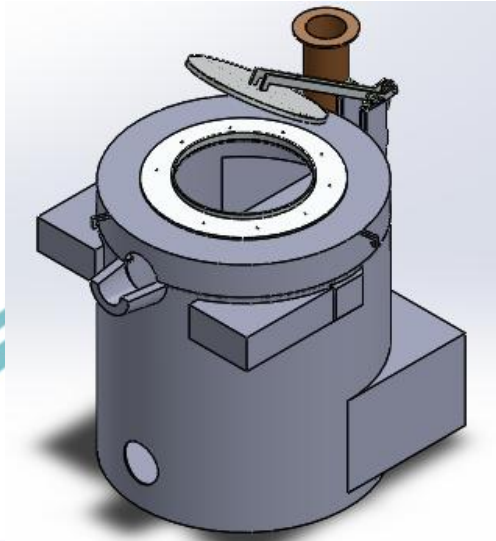
Gambar 3. 8 Konsep Furnace Door Pertama

b. Konsep Kedua

Pada konsep kedua yang tersaji pada Gambar 3.9., sistem pengoperasian menggunakan mekanisme silinder hidrolik. Terdapat 1 batang silinder hidrolik di belakang *melting furnace*. Lalu, tersedia *lifting arm* yang menjadi penghubung antara silinder hidrolik dengan *furnace door*. Posisi silinder hidrolik saat furnace door tertutup adalah ekstensi, sedangkan retraksi terjadi saat proses membuka *furnace door*.

Hak Cipta :

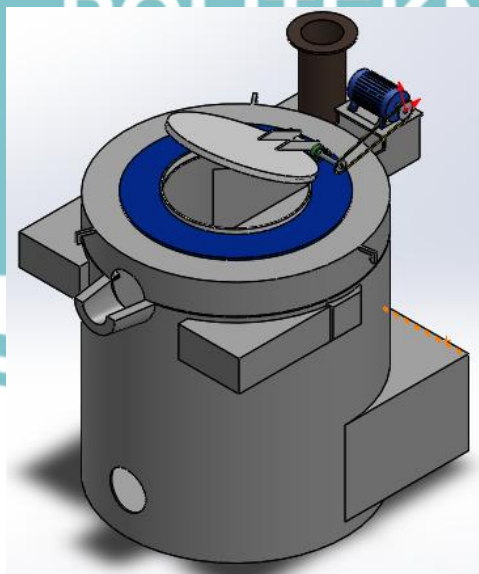
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gambar 3. 9 Konsep Furnace Door Kedua

c. Konsep Ketiga

Pada konsep ketiga yang tersaji pada Gambar 3.10., sistem pengoperasian menggunakan motor listrik dan *sprocket*. Satu buah motor listrik digunakan dan dihubungkan oleh 2 *sprocket* dan rantai yang akan mentransmisikan daya untuk proses buka-tutup *furnace door*.



Gambar 3. 10 Konsep Furnace Door Ketiga



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

Ketiga alternatif konsep desain selanjutnya akan dievaluasi dan dinilai pada Bab IV menggunakan tahapan *concept screening* dan *concept scoring* berdasarkan indikator kebutuhan industri untuk menetapkan satu final desain.

3.3.6 Final Desain

Final desain merupakan hasil keputusan dari evaluasi opsi yang dibahas lebih rinci pada Bab IV. Indikator utama pemilihan desain ini mengacu pada kriteria pemenuhan kebutuhan industri, di mana desain terpilih harus unggul dalam aspek: keamanan operasional, kemudahan fabrikasi, kemudahan perawatan, dan ketersediaan komponen di pabrik.

Berdasarkan indikator tersebut, desain yang terpilih untuk dihitung secara teoritis adalah mekanisme tuas pengungkit hidrolik. Desain ini berbentuk rangkaian mekanis di mana *furnace door* disambungkan ke lengan (*lifting arm*) utama. Lengan tersebut berotasi pada sumbu poros (*main pivot shaft*) dengan tumpuan dua buah *pillow block bearing*, dan diberi gaya secara linear menggunakan aktuator silinder hidrolik yang diletakkan di belakang *main furnace body*. Pada tahap ini dilakukan pendetailan tiap komponen dan dimensi komponen penyusun agar mekanisme dapat bekerja secara presisi tanpa hambatan.

3.3.7 Perhitungan dan Proses Assembly

Setelah final desain ditentukan, dilakukan proses *assembly* (perakitan komponen virtual) dan perhitungan teoritis. Proses *assembly* dalam perangkat lunak *SolidWorks* dilakukan dengan menerapkan relasi geometris antar komponen (*Mates*) seperti *concentric* untuk menyelaraskan lubang poros dan *coincident* untuk merekatkan antar permukaan penyambung. Komponen yang dirakit hingga membentuk satu sistem utuh antara lain *furnace door* dengan *lifting arm*, *main pivot shaft* dengan *bearing* dan *lifting arm*, *cylinder base bracket* dengan *base clevis pin*, *end clevis pin* dengan *lifting arm*, Serta *end clevis pin* dan *base clevis pin* dengan silinder hidrolik.



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

Perhitungan teoritis dilakukan guna mendapatkan nilai besaran parameter teknis, sekaligus memvalidasi kelayakan ukuran komponen yang dirancang. Secara detail, perhitungan yang dilakukan meliputi:

1. Perhitungan momen maksimum

Perhitungan diawali dengan menentukan massa total komponen bergerak dari *furnace door* terhadap sumbu putar. Komponen yang bergerak terdiri dari *furnace door*, *door stiffener plate*, *lifting arm*, dan *end clevis pin*. Massa setiap komponen diperoleh dari hasil pemodelan 3D menggunakan fitur *mass properties* *SolidWorks*. Tabel 4.5 menunjukkan massa dari komponen-komponen yang bergerak pada sumbu putar.

Tabel 3. 4 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>Door Stiffener Plate</i>	1	2,92
3.	<i>Lifting Arm</i>	1	17,71
4.	<i>End Clevis Pin</i>	1	1,79
Massa Total			74.68

Material yang digunakan pada komponen perancangan ini adalah SS400 dengan *yield strength* 245 MPa. Faktor Pembebanan yang terjadi adalah pembebanan merata, maka mengacu pada teori permsaan (3), gaya yang bekerja pada *furnace door* sebagai berikut.

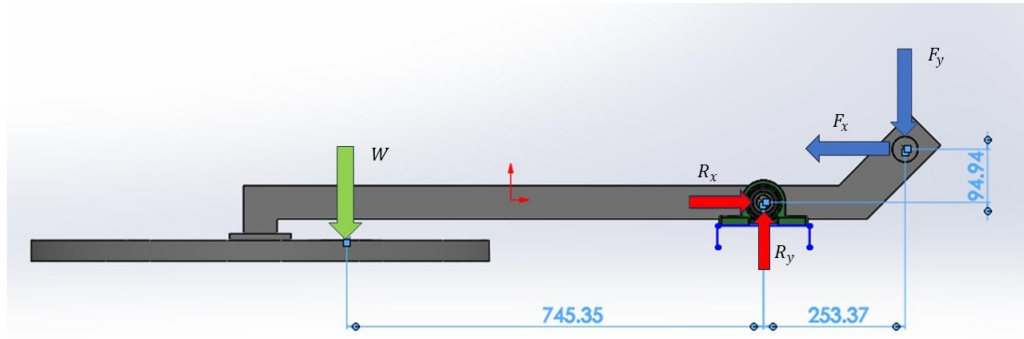
$$W = m \times g$$

$$W = 74,6842 \times 9,81$$

$$W = 732,65 \text{ N}$$

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



Gambar 3. 11 FBD Furnace Door

Berdasarkan FBD Gambar 3.11, gaya berat total sistem bekerja ke arah bawah secara gravitasi. Kondisi *furnace door* saat menutup horizontal merupakan posisi paling kritis di mana lengan momen berada pada jarak terjauhnya terhadap titik sumbu putar (pivot), yaitu 745,35 mm. Jarak dan gaya inilah yang akan dikalikan untuk mendapatkan beban puntir utama penyusun sistem. Berdasarkan hasil pengukuran pada *software SolidWorks*, jarak titik berat terhadap sumbu pivot adalah:

$$r = 745,3530354 \text{ mm}$$

Momen maksimum yang didapatkan berdasar teori persamaan (1) adalah:

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

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

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

2. Kebutuhan Gaya Aktuator

Berdasarkan Gambar 3.10, terdapat gaya (W) yang berasal dari berat total komponen yang bergerak pada sumbu putar. Berat tersebut berjarak 745,35 mm dari *pivot* sebagai titik berat komponen yang bergerak. Untuk dapat mengangkat *furnace door* yang memiliki berat, maka diberikan gaya pada *end clevis pin* dengan gaya aksi dari *silinder hidrolik* (F). Gaya tersebut harus lebih besar dari berat *furnace door* dan mengarah ke arah gravitasi. Gaya silinder dihitung untuk

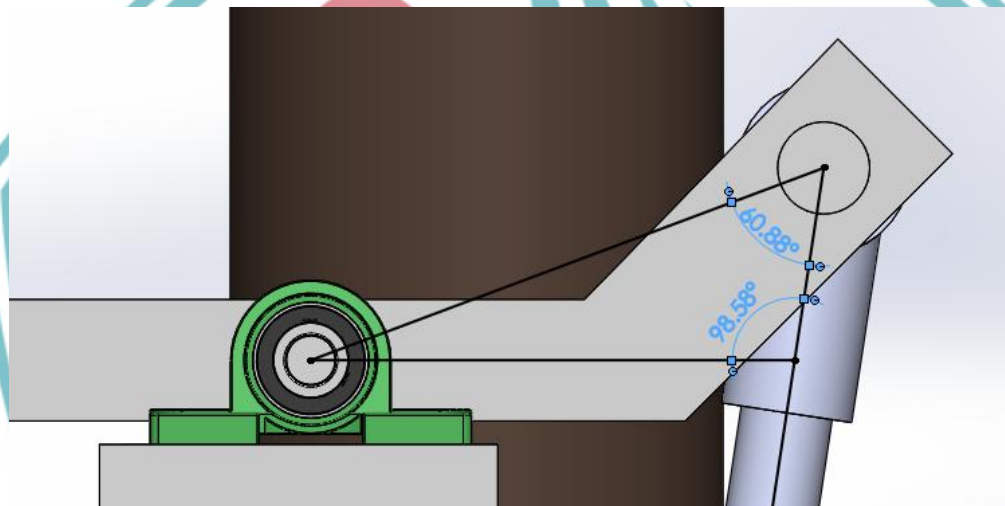
Hak Cipta :

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

mengetahui gaya minimum yang dibutuhkan silinder hidrolik dalam membuka dan menutup *furnace door*. Jarak titik *rod cap* terhadap *main pivot shaft* adalah:

$$r = 270,5688 \text{ mm}$$

Pada gambar 3.12, diperlihatkan 2 sudut, yaitu sudut di antara garis dari *pivot* ke *rod cap* dan arah gaya silinder hidrolik sebesar $\theta = 60,8809^\circ$, serta sudut arah gaya silinder terhadap garis horizontal sebesar $\alpha = 98,58^\circ$.



Gambar 3. 12 Sudut Pada Gaya Silinder Hidrolik

Untuk menghitung gaya silinder, sudut yang digunakan adalah sudut antara garis *pivot* ke *rod cap* dan arah gaya silinder hidrolik. Sedangkan Untuk mencari gaya silinder secara horizontal dan vertikal, digunakan sudut arah gaya silinder terhadap garis horizontal.

1. Gaya silinder dengan teori persamaan (2), didapatkan:

$$F = \frac{M_{maks}}{r \times \sin \theta}$$

$$F = \frac{546082,90}{270,5688 \times \sin 60,8809^\circ}$$

$$F = 2310,26 \text{ N}$$

2. Gaya silinder dengan *factor safety* didapatkan dengan teori persamaan (10):



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

$$\begin{aligned}F_{rencana} &= F \times SF \\F_{rencana} &= 2386,81 \times 2 \\F_{rencana} &= 4620,52 \text{ N}\end{aligned}$$

3. Gaya silinder horizontal dengan teori persamaan (5), didapatkan:

$$\begin{aligned}F_x &= F_{rencana} \cos \alpha \\F_x &= 4620,52 \cos 98,58^\circ \\F_x &= -689,35 \text{ N}\end{aligned}$$

4. Gaya silinder vertical dengan teori persamaan (6), didapatkan:

$$\begin{aligned}F_y &= F_{rencana} \sin \alpha \\F_y &= 4620,52 \sin 98,58^\circ \\F_y &= -4568,83 \text{ N}\end{aligned}$$

3. Tekanan Hidrolik

Tekanan silinder yang diperlukan untuk menghasilkan gaya silinder yang direncanakan. Tekanan silinder dihitung berdasarkan gaya silinder rencana dan luas penampang efektif piston. Data hydraulic cylinder yang digunakan adalah:

$$D = 80 \text{ mm (Diameter Piston)}$$

$$d = 45,5 \text{ mm (Diameter Rod)}$$

1. Luas efektif penampang saat ekstensi dapat menggunakan persamaan (4)

$$\begin{aligned}A_{extend} &= \frac{\pi}{4} D^2 \\A_{extend} &= \frac{\pi}{4} (80)^2 \\A_{extend} &= 5026,55 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

2. Tekanan saat ekstensi menggunakan persamaan (3)

$$\begin{aligned}P_{extend} &= \frac{F}{A_{extend}} \\P_{extend} &= \frac{4620,52}{5026,55} \\P_{extend} &= 0,919 \text{ MPa} \\P_{extend} &= 0,919 \times 10 \\P_{extend} &= 9,19 \text{ bar}\end{aligned}$$

3. Luas efektif penampang saat retraksi menggunakan teori persamaan (4):



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

$$A_{retract} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$A_{retract} = \frac{\pi}{4}(80^2 - 45,5^2)$$

$$A_{retract} = 3400,58 \text{ mm}^2$$

4. Tekanan saat retraksi dapat menggunakan persamaan (3):

$$P_{retract} = \frac{F}{A_{retract}}$$

$$P_{retract} = \frac{4620,52}{3400,58}$$

$$P_{retract} = 1,359 \text{ MPa}$$

$$P_{retract} = 1,359 \times 10$$

$$P_{retract} = 13,59 \text{ bar}$$

4. Analisis Tegangan Komponen

- a. Tegangan Izin

Untuk melakukan perhitungan teoritis terhadap kekuatan struktur, diperlukan parameter spesifikasi material acuan. Pada perancangan ini, digunakan baja karbon SS400 sebagai material acuan dasar karena ketersediaannya di *inventory* PT XYZ. Berdasarkan standar JIS G 3101, material SS400 memiliki *Yield Strength* 245 MPa.

Rumus tegangan izin normal adalah tegangan luluh (*yield strength*) material SS400 dibagi dengan faktor keamanan berdasarkan jenis beban. Nilai faktor keamanan sebesar 2 dipilih berdasarkan standar elemen mesin untuk pembebanan statis, dengan mempertimbangkan tingkat ketidakpastian material SS400. Jenis beban yang digunakan adalah beban statis, karena pada pergerakan *furnace door*, beban utamanya berasal dari berat komponen dan gaya silinder saat proses buka-tutup, gerakannya lambat dan tidak terjadi secara tiba tiba dengan impact yang tinggi, maka dari itu pergerakan diasumsikan konstan. Tegangan izin normal dan tegangan geser izin yang dipatkan adalah:

1. Tegangan Izin Normal didapatkan dengan teori persamaan (11):

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_y}{SF}$$



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

$$\sigma_{izin} = \frac{245}{2}$$

$$\sigma_{izin} = 122,5 \text{ MPa}$$

2. Tegangan Geser Izin menggunakan persamaan (12), didapatkan:

$$\tau_{izin} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3} \times SF}$$

$$\tau_{izin} = \frac{245}{\sqrt{3} \times 2}$$

$$\tau_{izin} = 70,7 \text{ MPa}$$

- b. Tegangan Maksimum *Main Pivot Shaft*

Pada Gambar 3.11, *main pivot shaft* menerima reaksi akibat berat total komponen bergerak dan gaya *hydraulic cylinder*. Komponen reaksi pada *main pivot shaft* dihitung sebagai berikut:

1. Diameter *main pivot shaft* adalah:

$$d = 25 \text{ mm}$$

2. Luas penampang *main pivot shaft* mengacu menggunakan persamaan (4) adalah:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (25)^2$$

$$A = 490,87 \text{ mm}^2$$

3. Komponen gaya reaksi pada pivot dapat didapatkan berdasarkan persamaan (7) dan persamaan (8):

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - W - F_y = 0$$

$$R_y = W + F_y$$

$$R_y = 732,65 + 4568,83$$

$$R_y = 5301,48 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_x - F_x = 0$$

$$R_x = F_x$$

$$R_x = 689,35 \text{ N}$$



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

4. Resultan gaya reaksi pivot dengan teori persamaan (9), didapatkan

$$F_{rp} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$
$$F_{rp} = \sqrt{689,35^2 + 5301,48^2}$$
$$F_{rp} = 5346,11 \text{ N}$$

Karena beban pivot terbagi merata ke *bearing* yang berjumlah dua, maka:

$$F_{rp} = \frac{R_p}{2}$$
$$F_{rp} = \frac{5346,11}{2}$$
$$F_{rp} = 2673,06 \text{ N}$$

5. Momen maksimum bending pivot mengacu pada persamaan (1), maka didapatkan:

$$M = F_{rp} \times r$$
$$M = 2673,06 \times 49$$
$$M = 130979,94 \text{ Nmm}$$

6. Tegangan bending pivot dengan persamaan (13) dan persamaan (15), didapatkan:

$$\sigma_{b,pivot} = \frac{32M}{\pi d^3}$$
$$\sigma_{b,pivot} = \frac{32(130979,94)}{\pi(25)^3}$$
$$\sigma_{b,pivot} = 85,39 \text{ MPa}$$

7. Tegangan geser pivot

Resultan reaksi pada pivot ditransfer melalui dua plat *lifting arm* (*main arm plate*). Dengan asumsi beban terbagi merata pada kedua *main arm plate*, maka gaya yang diterima *main pivot shaft* dari masing-masing plat adalah setengah dari resultan reaksi pivot. Gaya tersebut digunakan sebagai gaya geser (V) pada *main pivot shaft*. Mengacu pada teori persamaan (17), didapatkan tegangan geser sebagai 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\tau_{pivot} = \frac{4V}{3A}$$

$$\tau_{pivot} = \frac{4(2673,06)}{3(490,87)}$$

$$\tau_{pivot} = 7,26 \text{ MPa}$$

8. Tegangan ekuivalen pivot mengacu pada teori persamaan (19):

$$\sigma_{eq,pivot} = \sqrt{\sigma_{b,pivot}^2 + 3\tau_{pivot}^2}$$
$$\sigma_{eq,pivot} = \sqrt{85,39^2 + 3(7,26)^2}$$
$$\sigma_{eq,pivot} = 86,31 \text{ MPa}$$

- c. Tegangan Maksimum *End Clevis Pin* dan *Base Clevis Pin*

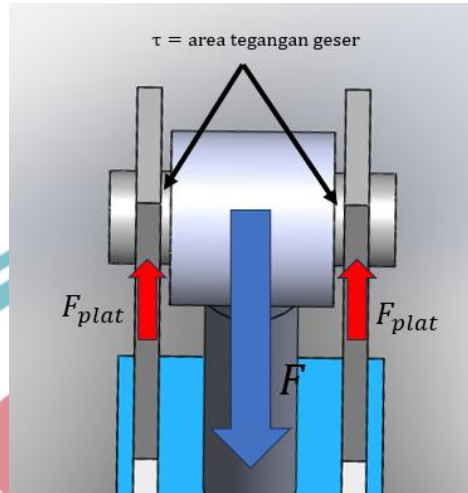
End clevis pin dan *base clevis pin* memiliki diameter 45,5 mm. Kedua komponen dianalisis terhadap tegangan geser, sedangkan area kontak antara shaft dan plat dianalisis terhadap tegangan tumpu.

1. Tegangan maksimum *End Clevis Pin*

Berdasarkan gambar 3.13, *end clevis pin* menerima gaya dari silinder hidrolik melalui komponen *rod cap*. Terdapat juga gaya reaksi dari kedua sisi plat *lifting arm*. Karena sistem berada dalam keadaan setimbang statis dan konstruksinya simetris, beban utama terbagi rata pada kedua plat *lifting arm* tersebut. Kondisi ini membuat *shaft* tersebut mengalami kecenderungan untuk terpotong (tergeser) di celah antara *rod cap* dan plat *lifting arm*.

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



Gambar 3. 13 FBD End Clevis Pin

- a. Luas penampang *end clevis pin* dengan teori persamaan (4), didapatkan:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (45,5)^2$$

$$A = 1625,97 \text{ mm}^2$$

- b. Tegangan geser *end clevis pin* menggunakan persamaan (16):

$$\tau_{rodcap,double} = \frac{F}{2A}$$

$$\tau_{rodcap,double} = \frac{4620,52}{2(1625,97)}$$

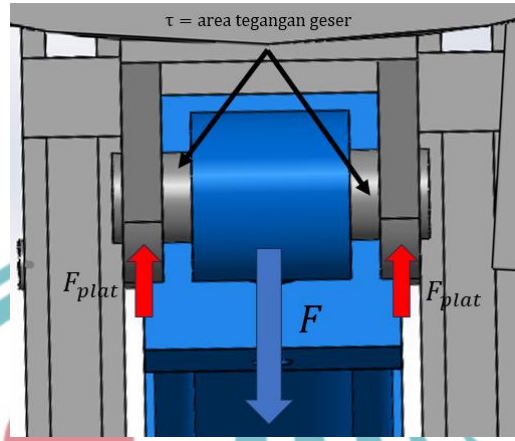
$$\tau_{rodcap,double} = 1,42 \text{ MPa}$$

2. Tegangan maksimum *Base Clevis Pin*

Berdasarkan *Free Body Diagram* (FBD) dari Gambar 3.14, *base clevis pin* menerima gaya dari silinder hidrolik melalui komponen *end cap*. Terdapat juga gaya reaksi dari kedua sisi *cylinder base bracket*. Karena sistem berada dalam keadaan setimbang statis dan konstruksinya simetris, beban utama terbagi rata pada kedua sisi *cylinder base bracket*. Hal ini membuat *base clevis pin* mengalami kecenderungan untuk terpotong (tergeser) di celah antara *end cap* dan *cylinder base bracket*.

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



Gambar 3. 14 FBD Base Clevis Pin

- a. Luas penampang *base clevis pin* dengan persamaan (4), didapatkan:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (45,5)^2$$

$$A = 1625,97 \text{ mm}^2$$

- b. Tegangan geser *base clevis pin* menggunakan teori persamaan (16):

$$\tau_{\text{doubleshear}} = \frac{F}{2A}$$

$$\tau_{\text{doubleshear}} = \frac{4620,52}{2(1625,97)}$$

$$\tau_{\text{doubleshear}} = 1,42 \text{ MPa}$$

- d. Tegangan Maksimum *Lifting Arm*

Pada Gambar 3.11., *lifting arm* menerima momen lentur akibat beban sistem bergerak dan gaya dari silinder hidrolik. *Lifting arm* terdiri dari dua plat dengan tebal 12 mm dan lebar efektif 60 mm.

1. Luas penampang *lifting arm* menggunakan teori persamaan (4):

$$A = b \times h$$

$$A = 12 \times 60$$

$$A = 720 \text{ mm}^2$$

2. Modulus penampang *lifting arm* mengacu pada persamaan (14):



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

$$Z = \frac{bh^2}{6}$$

$$Z = \frac{12(60)^2}{6}$$

$$Z = 7200 \text{ mm}^3$$

3. Tegangan bending *lifting arm* mengacu pada teori persamaan (13), didapatkan:

$$\sigma_{b,arm} = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{b,arm} = \frac{546082,90}{7200}$$

$$\sigma_{b,arm} = 75,84 \text{ MPa}$$

4. Tegangan aksial *lifting arm* menggunakan persamaan (18):

$$\sigma_{a,arm} = \frac{F_{plat}}{A}$$

$$\sigma_{a,arm} = \frac{2310,26}{720}$$

$$\sigma_{a,arm} = 3,21 \text{ MPa}$$

5. Tegangan gabungan *lifting arm* mengacu pada persamaan (20)

$$\sigma_{total,arm} = \sigma_{b,arm} + \sigma_{a,arm}$$

$$\sigma_{total,arm} = 75,84 + 3,21$$

$$\sigma_{total,arm} = 79,05 \text{ MPa}$$

5. Perhitungan Las

Analisis sambungan las dilakukan pada *cylinder base bracket* terhadap *main furnace body*, *door stiffener plate* terhadap bagian bawah *furnace door*, dan *base plate lifting arm* terhadap *furnace door* bagian atas. Ukuran kaki las yang digunakan adalah 5 mm dan untuk *door stiffener plate* adalah 3 mm. Jenis elektroda yang digunakan pada pengelasan adalah E71T-1C, dimana besar kekuatan tariknya 482 MPa. Maka,

1. Tegangan geser izin kawat las menggunakan persamaan (22)

$$\bar{\tau} = 0,6 \times \bar{\sigma}$$

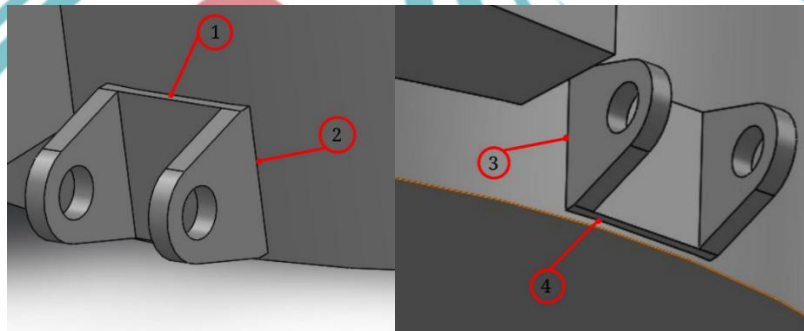
Hak Cipta :

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

$$\bar{\tau} = 0,6 \times 482$$

$$\bar{\tau} = 289,2 \text{ MPa}$$

2. Ukuran kaki las
 $s = 5 \text{ mm}$
3. Ukuran kaki las *door stiffener plate*
 $s = 3 \text{ mm}$
4. Sambungan las *Cylinder Base Bracket*



Gambar 3. 15 Titik Pengelasan Cylinder Base Bracket

Pada gambar 3.15, dengan keterangan nomor 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan titik pengelasan pada *cylinder base bracket*. Jika panjang lasan (1) adalah 560 mm, akan diperoleh luas minimum area las sebagai berikut.

- a. Luas efektif las dengan persamaan (21)

$$A_w = 0,707 \times s \times L$$

$$A_w = 0,707 \times 5 \times 560$$

$$A_w = 1979,60 \text{ mm}^2$$
- b. Tegangan geser las *cylinder base bracket* dengan persamaan (23), didapatkan:

$$\tau_{\text{las bracket}} = \frac{F}{A_w}$$

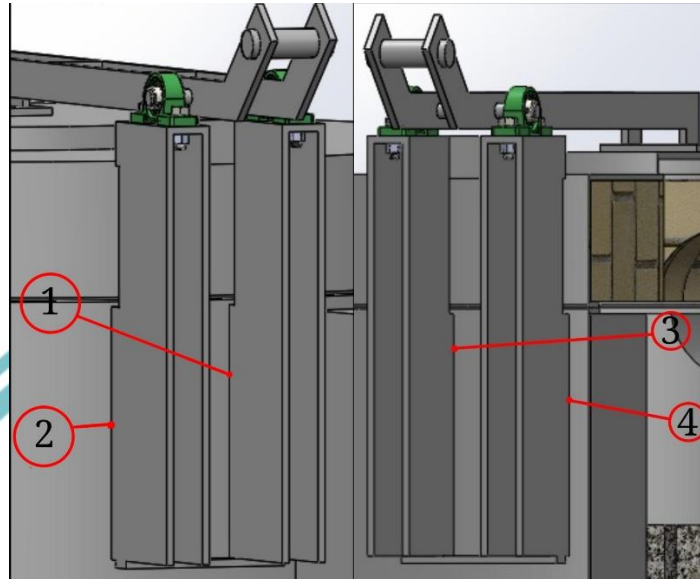
$$\tau_{\text{las ndcap}} = \frac{4620,52}{1979,60}$$

$$\tau_{\text{las ndcap}} = 2,33 \text{ MPa}$$

5. Sambungan las *Main Pivot Bracket*

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



Gambar 3. 16 Titik Pengelasan Main Pivot Bracket

Pada gambar 3.16, dengan keterangan nomor 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan titik pengelasan pada *main pivot bracket*. Jika panjang lasan (l) adalah 1600 mm, akan diperoleh luas minimum area las sebagai berikut.

- a. Luas efektif las dengan persamaan (21)

$$A_w = 0,707 \times s \times L$$

$$A_w = 0,707 \times 5 \times 1600$$

$$A_w = 5656 \text{ mm}^2$$
- b. Tegangan geser las *main pivot bracket* dengan persamaan (23), didapatkan:

$$\tau_{\text{las bracket}} = \frac{F}{A_w}$$

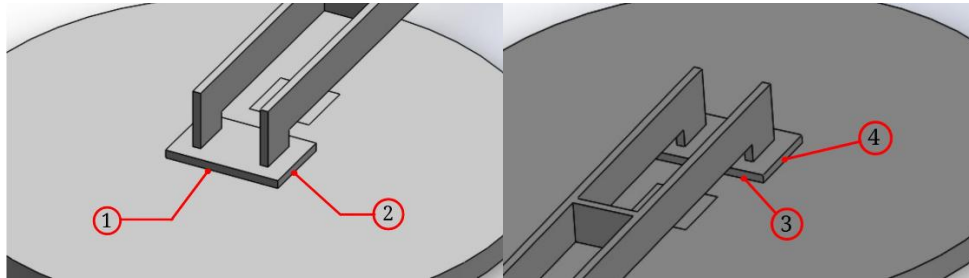
$$\tau_{\text{las ndcap}} = \frac{4620,52}{5656}$$

$$\tau_{\text{las ndcap}} = 0,82 \text{ MPa}$$

6. Sambungan las *Arm Mounting Plate*

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



Gambar 3. 17 Titik Pengelasan Arm Mounting Plate

Pada Gambar 3.17, dengan keterangan nomor 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan area titik pengelasan pada *Arm Mounting Plate* yang berada di bagian atas *furnace door*. Dengan panjang lasan (1) adalah 560 mm, akan diperoleh luas minimum area las sebagai berikut.

- a. Luas efektif las mengacu pada persamaan (21)

$$A_w = 0,707 \times s \times L$$

$$A_w = 0,707 \times 3 \times 560$$

$$A_w = 1979,60 \text{ mm}^2$$

- b. Berat *door cover plate*, *door stiffener plate*, dan *door outer ring* mengacu pada persamaan (3)

$$W_{cover} = m_{cover} \times g$$

$$W_{cover} = 49,74718 \times 9,812$$

$$W_{cover} = 488,02 \text{ N}$$

$$W_{stiffener} = m_{stiffener} \times g$$

$$W_{stiffener} = 2,92413 \times 9,812$$

$$W_{stiffener} = 28,68 \text{ N}$$

$$W_{ring} = m_{ring} \times g$$

$$W_{ring} = 2,51239 \times 9,812$$

$$W_{ring} = 24,65 \text{ N}$$

$$W_{furnace door} = W_{cover} + W_{stiffener} + W_{ring}$$



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

$$W_{furnace\ door} = 488,02 + 28,68 + 24,65$$

$$W_{furnace\ door} = 541,35 \text{ N}$$

- c. Gaya vertical total furnace door pada persamaan (3)

$$F_{y,total} = F_y + W_{furnace\ door}$$

$$F_{y,total} = 4568,83 + 541,35$$

$$F_{y,total} = 5110,18 \text{ N}$$

- d. Resultan gaya mengacu pada persamaan (9)

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_{y,total}^2}$$

$$F_R = \sqrt{689,35^2 + 5110,18^2}$$

$$F_R = 5156,47 \text{ N}$$

- e. Tegangan geser las *Arm Mounting Plate* mengacu pada persamaan (23)

$$\tau_{las\ mounting} = \frac{F_R}{A_w}$$

$$\tau_{las\ mounting} = \frac{5156,47}{1979,60}$$

$$\tau_{las\ mounting} = 2,60 \text{ MPa}$$

3.3.8 Pengujian (Simulasi FEA)

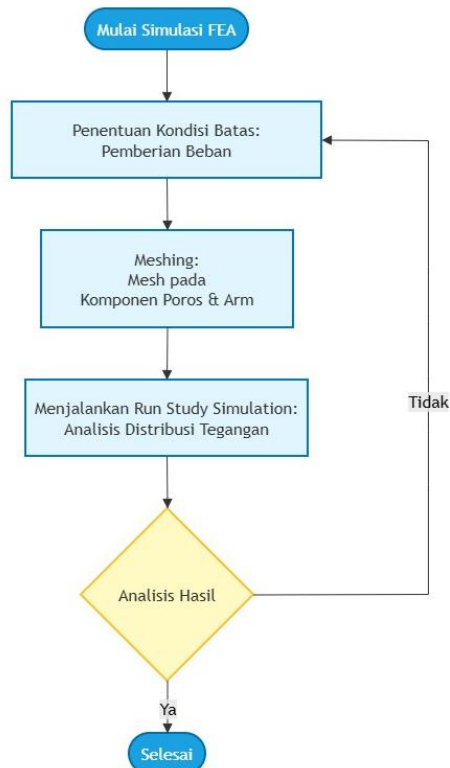
Pengujian dilakukan secara virtual menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak SolidWorks Simulation [16]. *Software SolidWorks* dipilih karena memiliki kapabilitas *Finite Element Analysis* (FEA) yang presisi untuk pengujian beban statis, terintegrasi secara langsung dengan model 3D CAD, serta memiliki basis data material untuk mengevaluasi parameter tegangan *Von Mises*. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban gaya statis pada komponen *lifting arm*, *main pivot shaft*, *end clevis pin*, dan *base clevis pin*.

Variabel yang digunakan adalah Tegangan Von Mises dan tegangan izin material. Berdasarkan skema pengerjaan pada Gambar 3.18., dilakukan pengujian dengan memberikan beban pada desain, dilanjutkan dengan membuat mesh pada

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

komponen-komponen yang akan diuji. Setelah itu, dilakukan *run study simulation* dan akan didapatkan hasil distribusi tegangan.



Gambar 3. 18 Skema Pengujian

Hasil pengujian dievaluasi dengan membandingkan tegangan izin material. Dilanjutkan evaluasi dengan hasil perhitungan teoritis, di mana jika selisihnya di bawah 5%, simulasi dianggap valid. Apabila hasil perhitungan dan simulasi menunjukkan rancangan belum aman, maka dilakukan pengulangan pada tahap observasi dan pengumpulan data atau perbaikan rancangan. Apabila hasilnya aman, maka proses dilanjutkan ke tahap pembuatan laporan.

3.3.9 Penyusunan Laporan

Tahap akhir adalah penyusunan laporan tugas akhir. Laporan berisi pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi pengerjaan, hasil perhitungan, hasil

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

simulasi, pembahasan, kesimpulan, dan saran. Laporan disusun sebagai dokumentasi proses perancangan dan sebagai bahan evaluasi tugas akhir.

3.4 Metode Pemecahan Masalah

Metode pemecahan masalah dalam tugas akhir ini menggunakan metode *Product Development Process* (PDP) yang berasal dari buku *Product Design and Development* karya Karl T. Ulrich dan Steven D. Eppinger. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa perancangan *furnace door* tidak didasarkan pada intuisi semata, melainkan melalui proses evaluasi teknis yang terukur, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga validasi desain.



Gambar 3. 19 Generic Product Development Process
Sumber: Ulrich & Eppinger, "Product Design and Development", 2019 [17]

Berdasarkan gambar 3.19., tahapan metode pemecahan masalah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan (*Planning*): Melakukan identifikasi kebutuhan PT XYZ untuk menentukan target spesifikasi desain. Proses dilakukan melalui observasi lapangan untuk mendapatkan kebutuhan pelanggan industri yang menjadi parameter acuan bagi seluruh proses perancangan.
2. Pengembangan Konsep (*Concept Development*): Mengembangkan beberapa alternatif konsep dengan proses *Concept Screening* dan *Concept Scoring* untuk menyeleksi rancangan desain *furnace door* yang paling layak.
3. Desain Tingkat Sistem (*System-Level Design*): Menentukan arsitektur produk dan integrasi antar sub-sistem. Pada tahap ini, dilakukan penyusunan tata letak komponen (*layout*) 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.



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

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 simulasi terhadap perhitungan teoritis, dengan kriteria keberhasilan ditetapkan pada toleransi selisih (*error*) maksimal sebesar 5%.



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

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Desain *Furnace Door*

4.1.1 Tahap *Concept Screening*

Tahap concept screening digunakan sebagai penyaringan awal terhadap tiga alternatif konsep yang dicantumkan pada BAB III. Tahap ini dilakukan dengan membandingkan tiga alternatif konsep berdasarkan kebutuhan industri yang telah di analisis pada BAB III. Penilaian dilakukan menggunakan simbol sebagai berikut:

1. + = memenuhi kebutuhan dengan baik
2. 0 = cukup memenuhi kebutuhan
3. - = kurang memenuhi kebutuhan

Tabel 4. 1 Penilaian Concept Screening

No	Kriteria Seleksi	Konsep		
		1	2	3
1	Mampu menutup lubang bukaan <i>melting furnace</i> 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		Dieliminasi	Dilanjutkan	Dilanjutkan

Berdasarkan Tabel 4.1., konsep pertama dieliminasi karena kurang memenuhi aspek kemudahan dan keamanan pengoperasian. Konsep kedua dan ketiga dilanjutkan



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

ke tahap *concept scoring* karena keduanya memiliki potensi untuk memenuhi kebutuhan industri.

4.1.2 Tahap *Concept Scoring*

Concept scoring dilakukan untuk membandingkan konsep yang memenuhi kriteria pada Tabel 4.1., yaitu konsep kedua dan ketiga. Pada tahap ini, hasil proses perbandingan pada Tabel 4.3., dilakukan dengan survey rating konsep oleh pihak industri PT XYZ berjumlah 5 responden, yaitu 2 operator *melting furnace*, 2 staff peralatan, dan 1 kasie workshop dan peralatan. Nilai bobot tiap kriteria didasarkan dengan nilai kepentingan yang telah di bahas pada BAB III. Nilai kepentingan di atas 4,5 diberikan bobot sebesar 20% sedangkan kriteria dengan nilai kepentingan di bawah 4,5 diberikan bobot sebesar 15%. Pada Tabel 4.2. diperlihatkan hasil survey pemeberian rating oleh 5 responden pihak PT XYZ.

Tabel 4. 2 Hasil Survey Rating Konsep

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



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

Keterangan rating:

1. 1 = Sangat kurang
2. 2 = Kurang
3. 3 = Cukup
4. 4 = Baik
5. 5 = Sangat baik

Nilai skor diperoleh dengan mengacu persamaan (24) pada BAB II:

$$S = W \times R$$

Keterangan:

- S = Skor
W = Bobot kriteria
R = Rating

Tabel 4. 3 Penilaian Concept Scoring

No	Kriteria Seleksi	W (%)	Konsep			
			2		3	
			R	S	R	S
1.	Mampu menutup lubang bukaan <i>melting furnace</i> Ø760 mm	17	5,0	0,85	5,0	0,85
2.	Komponen dan material tersedia di pabrik	15	5,0	0,75	3,4	0,51
3.	Kemudahan pengoperasian	18	5,0	0,90	5,0	0,90
4.	Keamanan pengoperasian	19	4,8	0,912	4,6	0,874
5.	Kemudahan perawatan	15	4,2	0,63	3,8	0,57
6.	Kemudahan fabrikasi	16	4,2	0,672	3,4	0,544
Total Skor			4,714		4,248	
Peringkat			1		2	
Kelanjutan Konsep			Kembangkan		Tidak	

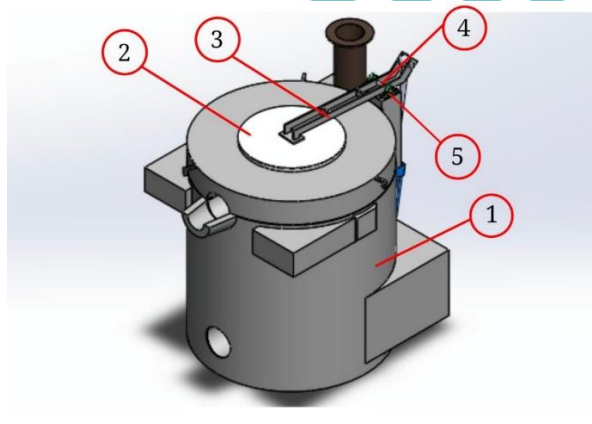
Berdasarkan Tabel 4.3., konsep kedua memperoleh total skor 4,714, sedangkan konsep ketiga memperoleh total skor 4,248. Konsep kedua dipilih untuk dikembangkan karena memiliki nilai lebih tinggi pada aspek ketersediaan komponen, kemudahan perawatan, dan kemudahan fabrikasi.

Hak Cipta :

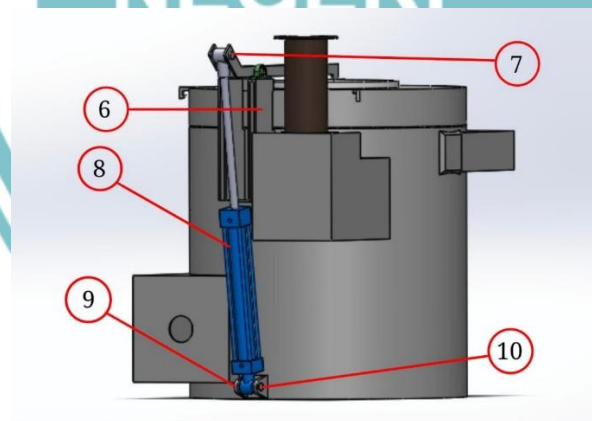
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

4.1.3 Final Desain *Furnace Door*

Final desain merupakan pengembangan dari konsep ke dua. Berdasarkan Gambar 4.4., komponen utama rancangan terdiri dari *Furnace door* dan *door stiffener plate*, *lifting arm*, *main pivot shaft*, *pillow block bearing*, *end clevis pin*, *base clevis pin*, *cylinder base bracket end cap*, dan *hydraulic cylinder tipe tie rod* yang tersedia pada PT XYZ. *Furnace door* berfungsi menutup lubang bukaan *melting furnace*. Komponen *lifting arm* menghubungkan *furnace door* dengan *main pivot shaft* yang menjadi sumbu putar dan menerima gaya dari *hydraulic cylinder*. *Pillow block bearing* digunakan sebagai tumpuan *main pivot shaft*.



Gambar 4. 1 *Furnace Door* Bagian Depan



Gambar 4. 2 *Furnace Door* Bagian Belakang



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

Berdasarkan Gambar 4.1. dan Gambar 4.2., terdapat komponen-komponen sebagai berikut, yaitu:

1. *Melting Furnace* : Alat peleburan material aluminium PT XYZ
2. *Furnace door* : Penutup lubang bukaan *melting furnace*
3. *Lifting Arm* : Penghubung antara *furnace door*, *main pivot shaft*, dan silinder hidrolik
4. *Main Pivot Shaft* : Komponen yang menjadi sumbu putar *furnace door*
5. *Bearing* : Komponen yang menopang *main pivot shaft*
6. Penampang *Bearing* : Bagian yang menopang *bearing* dan terhubung dengan *body furnace*
7. *End Clevis Pin* : Komponen yang menghubungkan silinder hidrolik dengan *furnace door*
8. Silinder Hidrolik : Komponen aktuator yang memberikan gaya pada *furnace door*
9. *Cylinder Base Bracket* : Komponen yang menopang *base clevis pin* dan terhubung dengan *main furnace body*.
10. *Base Clevis Pin* : Komponen yang menopang silinder hidrolik pada *melting furnace*

4.2 Hasil Pemilihan Material

Indikator evaluasi pemilihan material didasarkan pada 4 kriteria kebutuhan industri, yaitu material mampu menerima beban statis rancangan, material memiliki sifat termal yang baik untuk area sekitar *furnace*, material mudah difabrikasi menggunakan metode pemotongan standar dan pengelasan tipe SMAW, dan material tersedia di PT XYZ.

Tabel 4. 4 Perbandingan Material

Material	Yield Strength (MPa)	Thermal Conductivity (W/m·K)	Fabrikasi	Availability
SS400	245	51,6	Mudah dilas dan difabrikasi	Tersedia



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

ASTM A516 Grade 70	260	50–52	Dapat difabrikasi	Perlu disesuaikan dengan pengadaan
SUS 304	205	14–17	Dapat difabrikasi, tetapi perlu perhatian pada proses las	Perlu disesuaikan dengan pengadaan

Berdasarkan Tabel 4.3., dan hasil perhitungan kekuatan struktural yang telah divalidasi pada BAB III, tegangan maksimum yang terjadi pada rancangan hanya sebesar 79,05 MPa. Berdasarkan fakta numerik tersebut, evaluasi pemilihan material dijabarkan sebagai berikut:

1. Kekuatan Mekanis : Tegangan aktual maksimum sistem (79,05 MPa) berada jauh di bawah batas tegangan izin ketiga material, yaitu SS400 (122,5 MPa), ASTM A516 Grade 70 (130 MPa), dan SUS 304 (102,5 MPa). Ketiga material ini layak dalam menahan beban statis rancangan.
2. Sifat Termal : SUS 304 memiliki keunggulan konduktivitas termal yang rendah (14-17 W/m·K) yang sangat baik untuk menahan laju perpindahan panas dari *furnace*, serta memiliki ketahanan oksidasi suhu tinggi.
3. Kemudahan Fabrikasi: SUS 304 membutuhkan perlakuan pengelasan khusus (seperti pengelasan TIG) yang berpotensi meningkatkan biaya dan durasi pengerjaan. Sebaliknya, baja karbon SS400 dan ASTM A516 Grade 70 sangat mudah dibentuk dan dilas menggunakan fasilitas mesin las standar (SMAW) yang sudah tersedia di PT XYZ.
4. Ketersediaan: Material SS400 merupakan profil standar yang ketersediaannya melimpah di PT XYZ, sehingga memastikan proses fabrikasi *furnace door* dapat segera dieksekusi tanpa memerlukan waktu tunggu pengadaan.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut ASTM A516 Grade 70 dan SS400 memiliki nilai lebih dibandingkan SUS 304 dalam menahan beban statis rancangan, sedangkan SUS 304 memiliki ketahanan korosi dan oksidasi yang lebih baik. Namun,



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

SS400 dipilih karena telah memenuhi kebutuhan kekuatan struktur, mudah difabrikasi, dan tersedia di PT XYZ.

4.3 Hasil Analisis Kekuatan Komponen

4.3.1 Evaluasi Hasil Perhitungan Kekuatan Komponen

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan secara rinci pada BAB III, dilakukan rekapitulasi hasil perhitungan pada Tabel 4.4. Seluruh nilai tegangan hasil perhitungan teoritis berada di bawah tegangan izin material SS400. Tegangan maksimum pada *main pivot shaft* adalah 86,31 MPa, tegangan gabungan pada *lifting arm* sebesar 79,05 MPa, dan tegangan geser pada *end clevis pin* dan *base clevis pin* adalah 1,42 MPa. Oleh karena itu, komponen utama *furnace door* yang menerima beban statis dinyatakan aman berdasarkan perhitungan teoritis.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Teoritis

No	Komponen	Jenis Tegangan	Hasil (MPa)	Tegangan Izin (MPa)	Keterangan
1.	<i>Main Pivot Shaft</i>	Geser	7,26	70,73	Aman
2.	<i>Main Pivot Shaft</i>	Lentur	85,39	122,50	Aman
3.	<i>Main Pivot Shaft</i>	Ekuivalen Von Mises	86,31	122,50	Aman
4.	<i>End Clevis Pin</i>	Geser double shear	1,42	70,73	Aman
5.	<i>Base Clevis Pin</i>	Geser double shear	1,42	70,73	Aman
6.	<i>Lifting Arm</i>	Lentur	75,84	122,50	Aman
7.	<i>Lifting Arm</i>	Aksial	3,21	122,50	Aman
8.	<i>Lifting Arm</i>	Gabungan	79,05	122,50	Aman
9.	<i>Las Cylinder Base Bracket</i>	Geser	2,33	289,20	Aman

Hak Cipta :

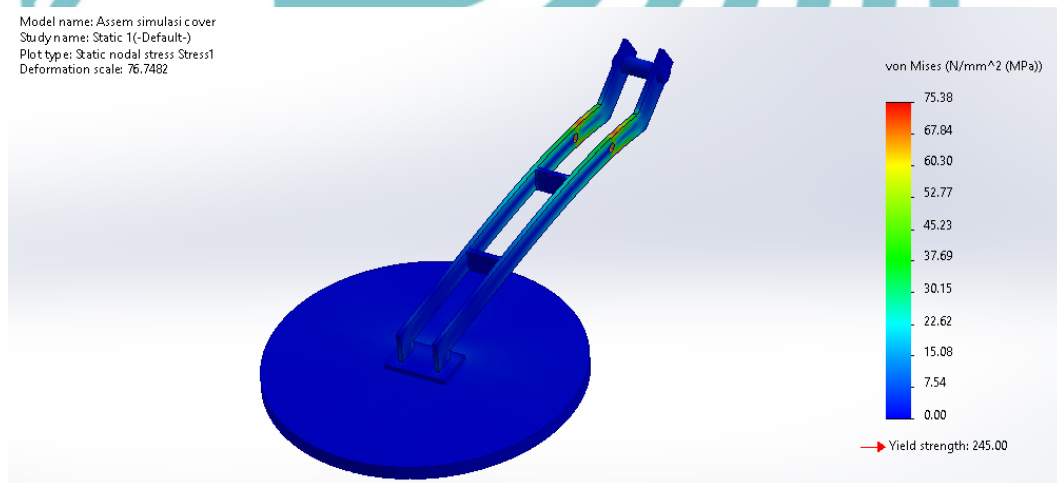
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

10.	Las <i>Main Pivot Bracket</i>	Geser	0,82	289,20	Aman
11.	Las <i>Arm Mounting Plate</i>	Geser	2,60	289,20	Aman

4.3.2 Hasil Pengujian FEA

Simulasi beban statis digunakan untuk memeriksa distribusi tegangan pada komponen utama. Simulasi dilakukan menggunakan material SS400, pemberian beban sesuai hasil perhitungan, serta proses meshing. Hasil simulasi perlu disajikan untuk *lifting arm*, *main pivot shaft*, *end clevis pin*, dan *base clevis pin*.

1. Simulasi FEA pada *lifting arm*



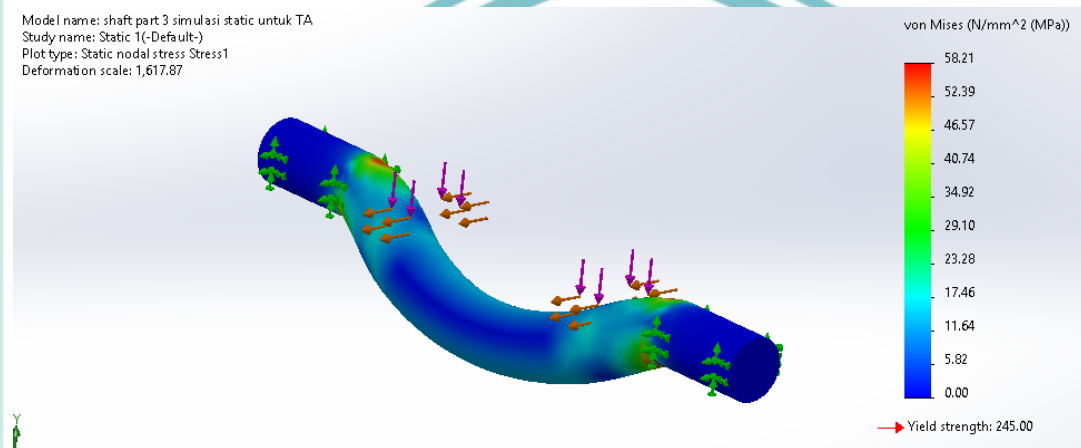
Gambar 4. 3 Simulasi Tegangan Maksimum *Lifting Arm*

Berdasarkan Gambar 4.3, *furnace door* menerima 2 gaya sekaligus, yaitu berat total komponen yang bergerak pada sumbu putar *pivot* dan gaya silinder yang bekerja pada *end clevis pin*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa titik kritis terjadi pada komponen *lifting arm* yang berada di antara *pivot* dengan *end clevis pin*. Tegangan maksimum yang didapatkan pada titik kritis tersebut ialah 75,38 MPa. Tegangan maksimum pada *lifting arm* tersebut masih di bawah dari tegangan izin yang bernilai 122,5 MPa, sehingga desain rancangan pada *lifting arm* dinyatakan aman.

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

2. Simulasi FEA pada *Main Pivot Shaft*



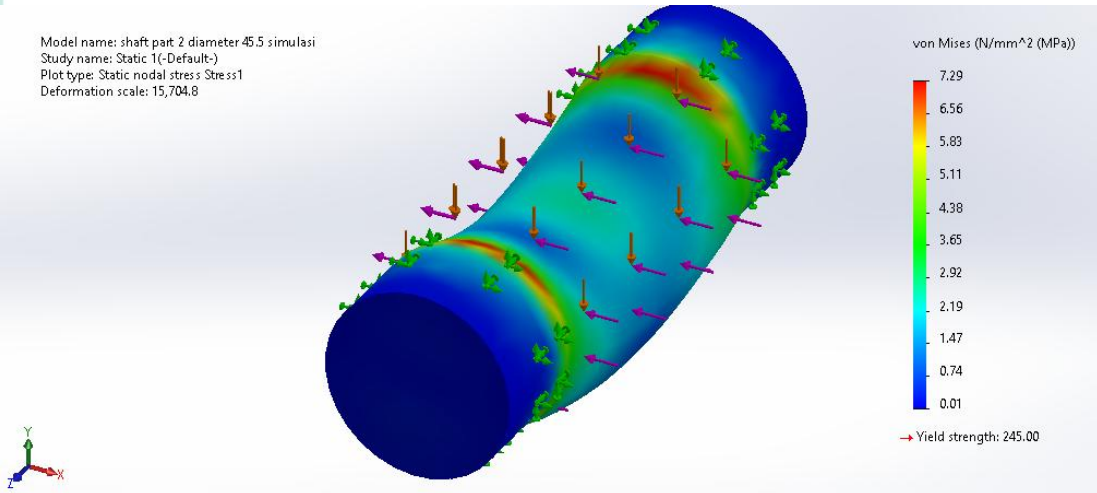
Gambar 4. 4 Simulasi Tegangan Maksimum *Main Pivot Shaft*

Pada gambar 4.4, *Main Pivot Shaft* menerima 2 gaya yang berasal dari berat total komponen yang bergerak terhadap pivot dan gaya silinder. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum yang didapatkan oleh *Main Pivot Shaft* adalah 58,21 MPa. Tegangan maksimum *Main Pivot Shaft* dapat dinyatakan aman karena masih dibawah tegangan izin material, yaitu 122,5 MPa.

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

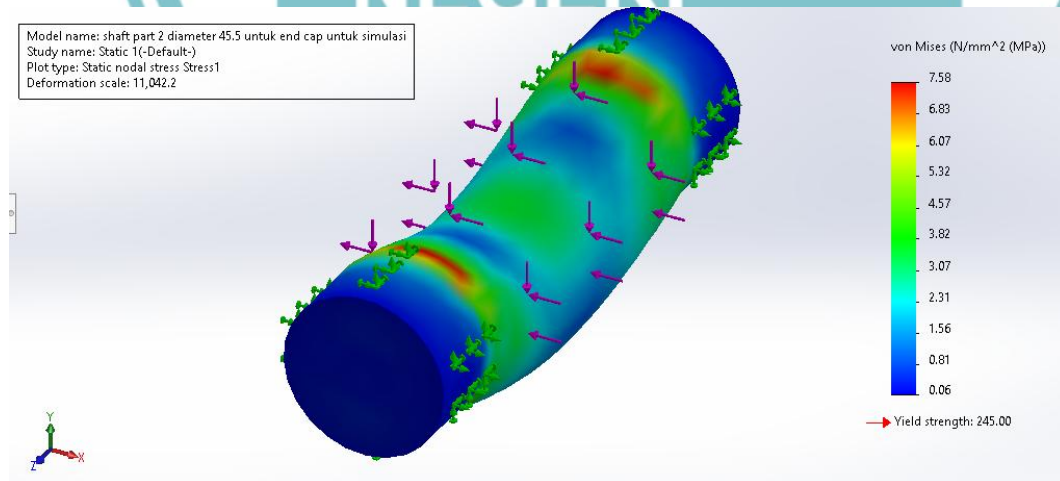
3. Simulasi FEA pada *End Clevis Pin*



Gambar 4. 5 Simulasi Tegangan Maksimum *End Clevis Pin*

Dari hasil simulasi pada gambar 4.5, didapatkan tegangan maksimum dari *end clevis pin* sebesar 7,29 MPa. Tegangan maksimum tersebut terjadi pada area di antara bagian yang terhubung dengan *lifting arm* dan bagian yang terhubung dengan rod cap. *End clevis pin* dinyatakan aman karena tegangan maksimum yang terjadi jauh di bawah dari tegangan izin yang sebesar 70,73 MPa

4. Simulasi FEA pada *Base Clevis Pin*



Gambar 4. 6 Simulasi Tegangan Maksimum *Base Clevis Pin*

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

Berdasarkan Gambar 4.6, *base clevis pin* mendapatkan tegangan maksimum sebesar 7,58 MPa. Tegangan tersebut terjadi di antara area yang terhubung dengan *cylinder base bracket* dan area yang terhubung dengan end cap. Tegangan maksimum menunjukkan nilai yang di bawah dari tegangan izin dengan nilai 70,73 MPa, sehingga *base clevis pin* dinyatakan aman.

4.3.3 Evaluasi Hasil Pehitungan Teoritis Dengan Hasil Simulasi FEA

Setelah dilakukan perhitungan secara teoritis dan telah dilakukan simulasi menggunakan software solidworks, didapatkan hasil yang sudah diperoleh:

Tabel 4. 6 Selisih Hasil Perhitungan dan Simulasi

No	Part Furnace Door	Perhitungan Teoritis (MPa)	Hasil Simulasi SolidWorks (MPa)	Selisih Hasil Perhitungan dan Simulasi	Persentase Selisih (%)
1.	Lifting Arm	79,05	75,38	3,67	0,05
2.	Main Pivot Shaft	86,31	58,21	28,10	0,33
3.	End Clevis Pin	1,42	7,29	5,82	4,13
4.	Base Clevis Pin	1,42	7,58	6,11	4,34

Berdasarkan kriteria validasi yang telah ditetapkan pada metode pengerjaan, selisih hasil perhitungan teoritis dan simulasi yang diterima harus berada di bawah 5%. Tabel 4.5., menunjukkan rancangan *furnace door* masih dalam keadaan aman setelah dikenai pembebanan berupa berat total komponen yang bergerak terhadap sumbu putar dan gaya silinder hidrolik. Terlihat dari tegangan yang terbesar akibat pembebanan masih dibawah tegangan izin dan tegangan luluh dari material yang digunakan pada rangka. Persentase selisih keempat komponen sebesar <5%, membuktikan bahwa model simulasi FEA memiliki tingkat akurasi yang tinggi terhadap perhitungan teoritis, sehingga hasil simulasi dapat dipercaya untuk memprediksi perilaku struktur pada kondisi aktual.