Rancang Bangun Platform Gerak untuk Simulator Pesawat Udara : Kaji dan Perancangan Struktur

Pajar Firmansyah[1], Muhammad Adam Abhinaya[2], Yusuf Salim[3], Singgih Satrio Wibowo[4]

[1,2,3,4] *Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
[1]*E-mail : pajar.firmansyah.aer21@polban.ac.id*
[2]*E -mail : muhammad.adam.aer21@polban.ac.id*
[3]*E-mail : yusuf.salim.aer21@polban.ac.id*
[4]*E-mail : singgih.wibowo@polban.ac.id*

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji rancang bangun platform gerak simulasi dengan 3 derajat kebebasan berbasis *motor wiper*, dengan perhatian khusus pada perancangan struktur rangka. *Platform* gerak ini diusulkan sebagai solusi untuk menciptakan pengalaman simulasi gerak yang realistis yang bermanfaat dalam konteks pengetahuan. Pemilihan material dan teknologi dilakukan untuk mendukung perancangan struktur rangka, yang menjadi fokus utama dalam mencapai kestabilan dan keandalan pergerakan. Perancangan struktur rangka dilakukan dengan menggunakan *software* desain CAD, dengan tujuan mengoptimalkan dimensi dan geometri agar dapat menanggung beban dengan efisien. Uji kekuatan struktur dilakukan untuk mengevaluasi performa dan responsifitas *platform* gerak, dengan hasil uji menjadi landasan untuk perubahan desain dan perbaikan yang diperlukan.

Kata Kunci
3 derajat kebebasan, perancangan, CAD,struktur

ABSTRACT

This research examines the design of a simulated motion platform with 3 degrees of freedom based on a wiper motor, with special attention to the design of the frame structure. This motion platform is proposed as a solution to create a realistic motion simulation experience that is useful in a knowledge context. The selection of materials and technologies is carried out to supportthe design of the frame structure, which is the main focus in achieving stability and reliability of movement. The design of the frame structure was carried out using CAD design software, with the aim of optimizing the dimensions and geometry in order toefficiently bear the load. Structural strength tests were conducted to evaluate the performance and responsiveness of the motionplatform, with the test results serving as the basis for any necessary design changes and improvements.

Keywords
3 degrees of freedom, design, CAD, *structure*

1. PENDAHULUAN

Di era teknologi simulasi yang berkembang pesat, platform simulasi gerak memainkan peran yang semakin penting dalam mendekatkan pengalaman virtual dengan pengalamannyata. Simulasi gerak 3 DoF (*roll*, *pitch*, dan *yaw*) memungkinkan pergerakan objek di lingkungan virtual dengan presisi tinggi dan nyata. Keberadaan *platform* gerak tersebut tidak hanya penting untuk tujuan pelatihan di sektorotomotif dan dirgantara namun juga sangat diperlukan dalampengembangan ilmu pengetahuan. Meskipun platform simulasi gerak telah dikembangkan secara luas, tantangan utama yang dihadapi berkaitan dengan biaya dan kompleksitas. Struktur rangka berperan penting dalam menunjang stabilitas dan kekuatan

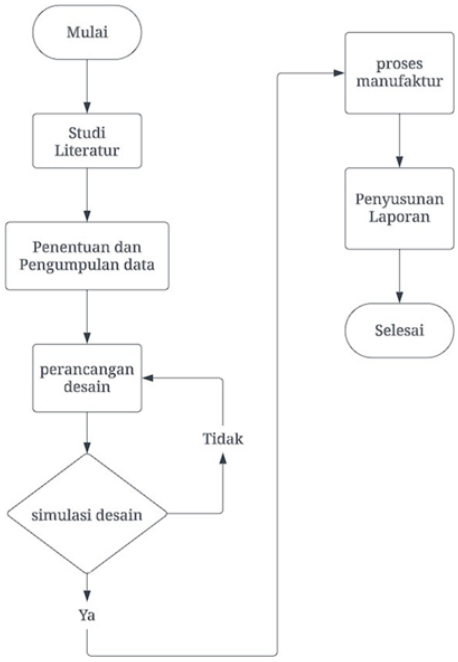
platform, desain yang tepat adalah kunci untuk mencapai tujuan pengembangan *platform* simulasi gerak yang efisien dan terjangkau.Penelitian ini akan mendalami lebih dalam aspek perancangan struktur rangka pada *platform* gerak simulasi 3 DoF berbasis *motor wiper*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Chen, Y., Zhang, Q., & Wang, L. (2015) Dalam jurnal nya yang berjudul "*Structural Design and Analysis of a 3-DOF Parallel Robot for Simulating Ship Motion*." Struktur rangka pada platform simulasi memiliki peran penting dalam menopang beban dan menjaga kestabilan gerakan. Penelitian sebelumnya (Chen et al., 2015) menunjukkan bahwa desain rangka yang baik dapat meningkatkan keandalan dan keamanan selama operasi.(1)

Penggabungan *motor wiper* dengan struktur rangka pada platform gerak simulasi memerlukan perencanaan yang matang. Studi sebelumnya (Smith, 2019) menyoroti pentingnya integrasi yang efisien untuk mencapai kinerja yang optimal. Dikutip dari artikel Smith, J. (2019) yang berjudul "*Integration Strategies for Motors in Robotic Systems: A Comprehensive Review*.". (2)

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir

3.1 Studi Literatur

Penelitian pustaka dilakukan untuk memeriksa dan memahami struktur, termasuk teori-teori terkait serta metode analisis kekuatan struktur menggunakan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak SolidWorks.

Tabel 1. DRO perancangan struktur

No	*Design Requirement*	*Objectives*
1.	*Degrees of Freedom*	3 (*rolling, pitching, yawing*)
2.	*Platform Rolling Capability*	+10° dan -10°
3.	*Platform Pitching Capability*	+10° dan -5°
4.	*Platform Yawing Capability*	+10° dan -10°
5.	*Maximum load*	120 kg
6.	*Frame Material*	*Hollow Galvanic Steel*

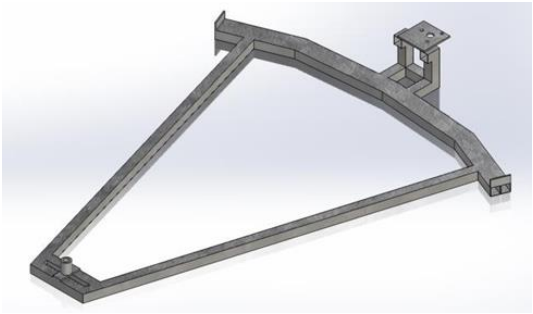
3.2 Perancangan Desain

Perancangan struktur dengan menerapkan teori yang ada dandigambar 3D menggunakan *software* SolidWorks. Desain dibagi menjadi beberapa bagian, dan diberi penamaan sebagaimana fungsinya. Material frame yang digunakan ialah besi hollow galvanic steel berukuran 30 mm × 30 mm dengan ketebalan 1,2 mm. Berikut dibawah ini desain yang telah dirancang :

3.2.1 Rangka

1. *Base frame*

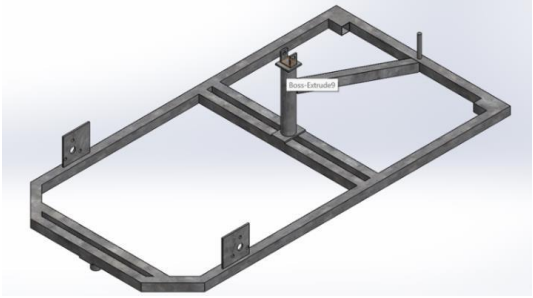
Base frame atau bisa dikatakan sebagai rangka alas / dasar, terletak di paling bawah dan dirancang memiliki rel/jalur agar roda kastor bisa berputar sehingga menggerakan rangka diatasnya. Selain itu, di bagian belakang terdapat juga tempat menyimpan *motor wiper* yang dimana nantinya digunakan untuk pergerakan *yawing.*



Gambar 2. Hasil rancangan 3D Base frame

2. *Middle Frame*

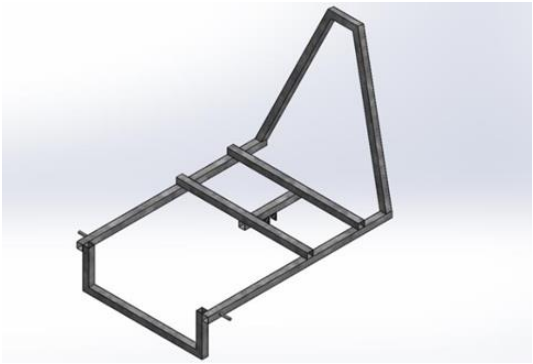
Middle frame atau disebut rangka Tengah dikarenakan posisinya berada diantara *base frame* dan *chair home* yang terletak di atas, *middle frame* ini juga berfungsi menopang rangka atas. Terdapat dua buah dudukan menyimpan *motor wiper* yang nantinya digunakan untuk pergerakan *pitching* dan *rolling.*



Gambar 3. Hasil rancangan 3D Middle frame

3. *Chair Home*

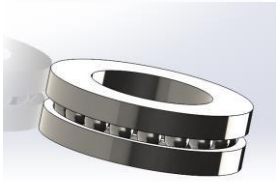
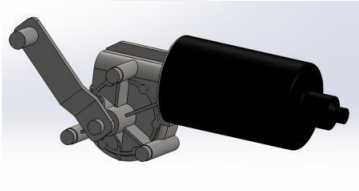
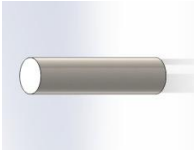
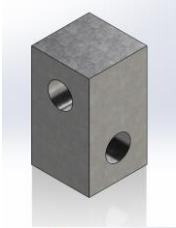
Dikatakan sebagai *chair home* karena rangka ini tempat menempelnya kursi yang nanti akan diduduki oleh satu orang manusia. Selain itu, *chair home* juga sebagai tempat dudukan *joystick* dan layar monitor.



Gambar 4. Hasil rancangan 3D Chair home

3.2.2 Komponen

Tabel 2. Komponen yang akan digunakan

No	Komponen	
	Nama	**Gambar**
1	*Rod end ball joint*	
2	*Thrust ball bearing*	
3	Roda kastor 3inch	
4	*Motor Wiper*	
5	Pin *universal joint*	
6	*Spider universal joint*	
7	Kursi	

3.2.3 Hasil Assembly

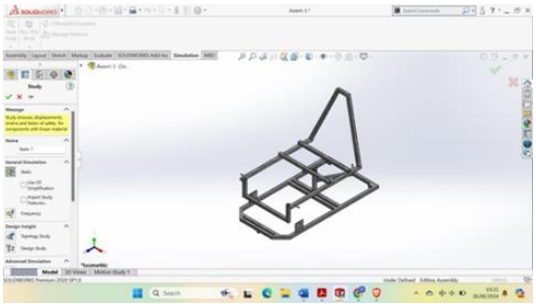
Setelah rangka selesai dirancang, maka dilanjutkan denganproses *assembly*, hasil dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Gambar 5. Hasil assembly dari part yang dirancang

3.3 Simulasi Desain

1. *New Study*

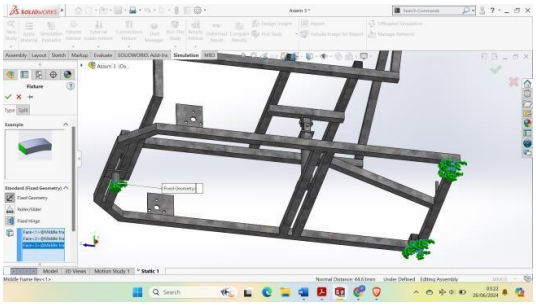
Untuk memulai menggunakan fitur simulasi.



Gambar 6. Memilih new study untuk memulai operasi simulasi

2. *Fixture*

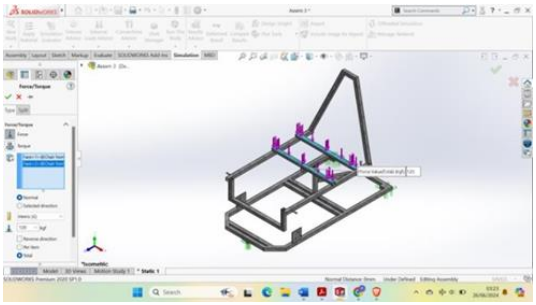
menentukan bidang mana yang diam atau tidak bergerak.



Gambar 7. Menentukan bidang yang fix/diam

3. *Force*

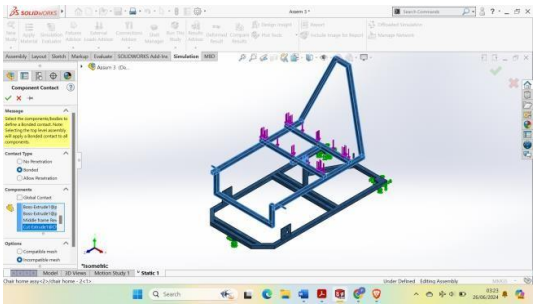
Menentukan bidang yang terkena gaya, sesuai ketentuan DRO, maka gaya yang diberikan sebesar 120 kgf (kilogram force). Beban diletakkan di daerah atau bidang yang akan dipasang kursi.



Gambar 8. Menentukan besaran gaya yang akan diuji

4. *Component Contact*

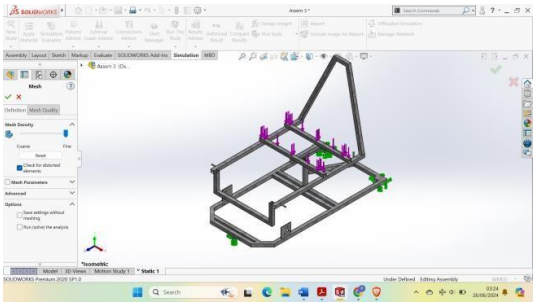
Fitur ini berfungsi untuk menentukan kontak/sentuhan antara komponen.



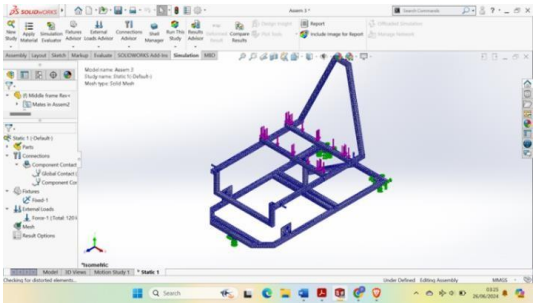
Gambar 9.menentukan sentuhan antar komponen

5. *Mesh*

Terakhir sebelum simulasi dilakukan, dilakukan meshing pada keseluruhan bidang pada rangka.



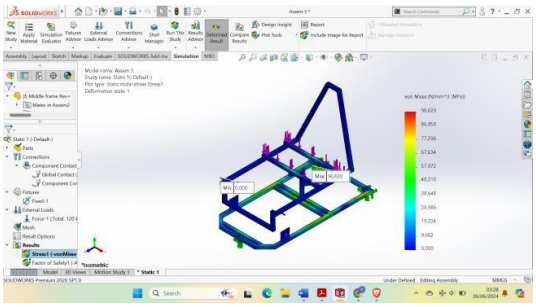
Gambar 10. dilakukan meshing sebelum simulasi



Gambar 11. Meshing yang berhasil dilakukan

6. Result

Setelah simulasi, *software* menampilkan hasil simulasi berupa stress dan *safety factor* (FoS).



Gambar 12. Hasil simulasi stress dan safety factor

3.4 Proses Manufaktur

Setelah rangka selesai di simulasi menggunakan *software* SolidWorks dan hasil yang didapat sesuai dengan aturan keamanan, maka dilanjutkan dengan proses manufaktur ataupembuatan dengan peralatan dan material yang telahditentukan, alat dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Peralatan yang digunakan untuk manufaktur

No	Nama	Gambar
1	Mesin Las	
2	Gerinda	
3	Meteran	
4	Penggaris siku	
5	Kacamata Las	
6	*Drill Table*	

7	MataBor	
7		

Selain itu, bahan yang diperlukan dalam rancang bangun ini ialah,

Tabel 4. Bahan yang digunakan untuk manufaktur

Bahan		
No	**Nama**	**Gambar**
1	Besi *Hollow Galvanic*	
2	Elektroda las	

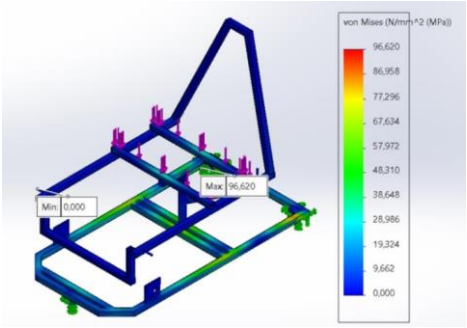
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi

Berdasarkan simulasi yang telah dilaksanakan didapatkan 2 hasil simulasi, yakni *stress simulation* dan *factor of safety simulation.*

1. *Stress*

Stress pada struktur merujuk pada gaya internal yang timbulsebagai respons terhadap beban yang diterapkan pada suatu struktur. Ini adalah kekuatan internal yang menghasilkan reaksi dalam bentuk tegangan atau deformasi dalam bahan struktural. Ketika suatu struktur menerima beban, gaya-gayaini dapat menyebabkan tegangan yang bertanggung jawab atas perubahan bentuk atau deformasi struktur tersebut. Jikategangan tersebut melebihi batas kekuatan material, strukturtersebut dapat mengalami kegagalan. Oleh karena itu, memahami dan mengelola stres pada struktur sangat penting dalam rekayasa struktur untuk memastikan keamanan dan kinerja yang baik.



Gambar 13. Hasil simula besaran stress

Telah dilakukan simulasi pula pada kondisi 3 derajat kebebasan sesuai derajat yang diinginkan, hasil simulasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

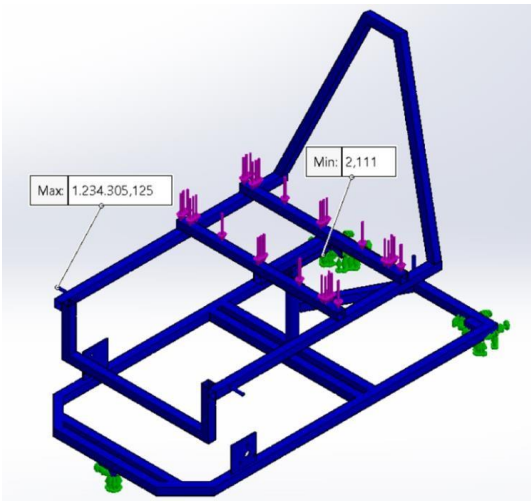
Tabel 5. Hasil stress dalam beberapa posisi

Hasil simulasi *Stress* pada rangka				
No	**Posisi**	***Stress* (N/mm²)**	**Tegangan Izin (*Galvanic Steel*)**	**Keterangan**
1	0˚	96,620	135,96 N/mm²	Dalam batas aman
2	*Pitching* +10˚	103,564		Dalam batas aman
3	*Pitching* -5˚	91,967		Dalam batas aman
4	*Rolling* +10˚	117,582		Dalam batas aman
5	*Rolling* -10˚	117,083		Dalam batas aman
6	*Yawing* +10˚	96,620		Dalam batas aman
7	*Yawing* -10˚	96,620		Dalam batas aman

2. *Factor of safety*

Factor of safety (FOS) atau sering disebut dengan istilah "safety factor", adalah elemen kunci dalam rekayasa dan desain struktur yang bertujuan untuk memastikan keselamatan dan keandalan suatu material atau komponen di

bawah kondisi operasional tertentu. *Factor of safety* digunakan untuk memberikan margin keamanan tambahan, yang mempertimbangkan berbagai ketidakpastian seperti variasi material, beban tak terduga, dan kesalahan manufaktur. *Safety Factor* sebagian besar diatas angka 1.5 yang ditunjukkan pada gambar dengan indikasi warna biru.



Gambar 14. Hasil simulasi berupa safety factor

Safety factor juga diketahui pada posisi 3 derajat kebebasan seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Hasil safety factoe dalam beberapa situasi

Hasil *Safety Factor* pada rangka				
No	**Posisi**	**Angka (N/ mm²)**	***Safety Factor* minimal**	**Keterangan**
1	0˚	2,1	1,5	Dalam batas aman
2	*Pitching* +10˚	1,9		Dalam batas aman
3	*Pitching* -5˚	2,2		Dalam batas aman
4	*Rolling* +10˚	1,7		Dalam batas aman
5	*Rolling* -10˚	1,7		Dalam batas aman
6	*Yawing* +10˚	2,1		Dalam batas aman
7	*Yawing* -10˚	2,1		Dalam batas aman

4.2 Hasil Manufaktur

Desain yang telah disimulasikan dan memenuhi syarat keamanan, dilanjutkan pada tahap manufaktur, hasilnya tertera pada gambar dibawah ini:

Gambar 15. Hasil assembly manufaktur

Untuk membuktikan kekuatan struktur pada kondisi sebenarnya, maka rangka dicoba diduduki oleh satu orang manusia dan rangka mampu menahan beban sesuai harapan.

Gambar 16. rangka diduduki oleh satu orang manusia

5. KESIMPULAN

1. Rangka *motion platform* telah dibuat dan dapat dinaiki oleh satu orang manusia dengan

berat maksimal 120 kg, dan rangka dapat mengaplikasikan 3 Dof (*Degree of Freedom*) yaitu *rolling, pitching*, dan *yawing* dengan besaran sudut yang sesuai dengan DRO.

2. Hasil desain menggunakan *software* solidworks dan menjalani proses analisis dapat terealisasikan menjadi sebuah benda dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

3. Material yang digunakan adalah *galvanic steel* profil *hollow*, di mana tegangan tekan pada tiang berbentuk lingkaran pada *Middle frame* mencapai 2.292 N/mm2. Simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada struktur adalah sebesar 109,7 N/mm2. Berdasarkan hasil simulasi, struktur mempunyai nilai *safety factor* sebesar 1,8 dan dapat disimpulkan bahwa rangka yangtelah dirancang dan di manufaktur ini aman untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Y. Chen, Q. Zhang, and L. Wang, "Structural Design and Analysis of a 3-DOF Parallel Robot for Simulating Ship Motion," J. Mar. Sci. Appl., vol. 14, no. 1, pp. 78–85, 2015.
2. J. Smith, "Integration Strategies for Motors in Robotic Systems: A Comprehensive Review," *Robot. Today*, vol. 21, no. 3, pp. 112–128, 2019.
3. Z. Sun, "Dynamic Modeling and Control of a 3-DOF Parallel Manipulator," *IEEE Trans. Robot.*, vol. 22, no. 6, pp. 1214–1223, Dec. 2006, doi: 10.1109/TRO.2006.883923.
4. Liftndrift Team, "Six degrees of freedom in Paper Airplanes | Science behind Paper Airplanes," liftndrift.Accessed: Jan. 24, 2024. [Online]. Available: https://www.liftndrift.com/six-degrees-of-freedom-in- paper-airplanes-science-behind-paper-airplanes/
5. Faqih Ma'arif, "Mekanika Teknik 1," *Kanisius*, vol. 53,no. 9, pp. 1689–1699, 2012.
6. RUANG ART, "Gaya pada Mekanika Teknik," Blogspot.Accessed: Jan. 23, 2024. [Online]. Available: https://ruangart.blogspot.com/2013/03/gaya-pada- mekanika-teknik-1.html
7. FEDERAL BRACE, "306 Point Load vs UniformDistributed Load," federalbrace.com. Accessed: Jan. 23, 2024. [Online]. Available: https://www.federalbrace.com/content/306-point-load- vs-uniform-distributed-load
8. S. T. S. Zuraidah, "Elemen Struktur Baja," 2022, [Online]. Available:https://books.google.com/books?hl=en&lr=& id=7a92EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA45&dq=pencega han+korosi+struktur+baja+daerah+pantai&ots=PyqTaV wT2V&sig=sf6Exhu9MU0rgAEf0kRRFxeF_sE.
9. B. Yadav, "204 Stainless Steel: Properties and Uses," thepipingmart.com. Accessed: Jan. 23, 2023. [Online]. Available: https://blog.thepipingmart.com/grades/204-stainless-steel-properties-and-uses/
10. MBTsteel, "Perbedaan Besi Hollow dan Pipa Baja untukKonstruksi," MBTsteel. [Online]. Available: https://www.mbtsteel.com/ulik-perbedaan-besi-hollow- dan-pipa-baja-untuk-konstruksi/
11. P. E. Charlie Young, "Moment of Inertia of Hollow Rectangle," EngineerExcel. Accessed: Jan. 23, 2024. [Online]. Available: https://engineerexcel.com/moment-of-inertia-of-hollow-rectangle/
12. Drexel Engineering Computing and Technical Services,"SolidWorks Software at Drexel University," tech.coe.drexel.edu. Accessed: Jan. 24, 2024. [Online].Available
13. M. Sutan, "BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI," Politeknik Negeri Bandung, 2018.
14. Achmadi, "Sambungan Las," Pengelasan.net. Accessed: Jan. 23, 2024. [Online]. Available: https://www.pengelasan.net/sambungan-las/
15. GEDABUZ, "Jenis Las," tituinews. Accessed: Jan.23, 2024. [Online]. Available: http://sma-muhamadiyah.blogspot.com/2012/09/jenis-las.html