

ANALISIS PEMBEBANAN TEKANAN PADA RANGKA BAWAH *SURGERY SMART CHAIR* UNTUK DOKTER BEDAH LAPAROSKOPI DENGAN SOLIDWORKS

*Muhammad Luthfi Ridlwan¹, J. Jamari², Mohammad Tauviqirrahman²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto. SH. Tembelang-Semarang 50275. Telp. +62247460059

*Email:masluthfi16@students.undip.ac.id

Abstrak

Fatigue Surgeon merupakan kelelahan yang dialami oleh semua dokter dalam karir bedah. Dalam melakukan operasi, dokter bedah harus melakukan proses bedah dengan berdiri selama beberapa jam, hal ini menyebabkan otot-otot pada kaki, punggung, serta leher dokter bedah mendapatkan pembebanan yang kontinyu yang menyebabkan otot-otot tersebut berkontraksi dan mengalami kekakuan. Kekakuan pada otot kaki ini berdampak jangka panjang pada dokter bedah ditambah dengan pola tidur dokter bedah yang terbatas karena memiliki jam terbang operasi yang tinggi, pola makan, serta terbatasnya waktu untuk olahraga. Pada kasus ini kami berfokus pada dokter bedah laparoskopik yang melakukan operasi selama 2 sampai 4 jam. Hal ini menyebabkan dokter bedah laparoskopik rawan mengalami *Fatigue Surgeon*. Untuk mengurangi dampak kelelahan ini, dokter bedah laparoskopik menggunakan kursi untuk duduk sambil melakukan operasi, namun kursi yang digunakan merupakan kursi konvensional yang masih kurang nyaman serta minim fitur untuk menunjang kenyamanan dokter bedah. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini untuk menganalisis struktur kursi yang telah dirancang yaitu *Surgery Smart Chair*. Dengan analisis menggunakan solidwork ini akan diketahui apakah struktur kursi sudah cukup kuat bukan hanya dalam proses manufaktur namun juga saat digunakan langsung oleh dokter bedah laparoskopik.

Kata kunci: *fatigue surgeon; laparoscopic surgery; surgery chair*

Abstract

Fatigue Surgeon is a fatigue experienced by all doctors in a surgical career. In performing the operation, the surgeon must perform the surgical process by standing for several hours, this causes the muscles in the legs, back, and neck of the surgeon to receive continuous loading which causes the muscles to contract and experience stiffness. This stiffness in the leg muscles has a long-term impact on the surgeon coupled with the surgeon's limited sleep pattern due to his high operating hours, diet, and limited time for exercise. In this case we focused on the laparoscopic surgeon who performed the operation for 2 to 4 hours. This makes the laparoscopic surgeon prone to *Fatigue Surgeon*. To reduce the impact of this fatigue, the laparoscopic surgeon uses a chair to sit while performing the operation, but the chair used is a conventional chair which is still less comfortable and lacks features to support the surgeon's comfort. Therefore, this study was conducted to analyze the structure of the chair that has been designed, namely the *Surgery Smart Chair*. With this analysis using solidwork, it will be known whether the chair structure is strong enough not only in the manufacturing process but also when used directly by a laparoscopic surgeon.

Keywords: *fatigue surgeon; laparoscopic surgery; surgery chair*

1. Pendahuluan

Operasi bedah Laparoskopik merupakan jenis prosedur bedah yang memungkinkan ahli bedah untuk mengakses bagian dalam perut dan panggul tanpa harus membuat sayatan yang besar di kulit [1,2]. Prosedur ini juga dikenal sebagai operasi lubang kunci atau operasi invasif minimal [3]. *Fatigue Surgeon* merupakan kelelahan yang dialami oleh dokter dalam proses bedah yang tidak dapat dihindari dengan jam kerja konsentrasi tinggi dan berlangsung secara berkelanjutan.. [4-6].

Untuk mengurangi dampak kelelahan pasca operasi pada bedah laparoskopik maka dibutuhkan alat bantu untuk dokter bedah dalam melakukan proses bedah, berupa kursi [7]. Dengan adanya kursi untuk dokter bedah, maka tumpuan para ahli bedah yang awalnya bertumpu dan mengalami pembebanan yang maksimal secara kontinu pada bagian kaki dan betis akan hilang dan proses bedah akan menjadi lebih nyaman serta dampak kelelahan ketika proses bedah akan tereduksi, selain itu dengan adanya kursi untuk dokter bedah juga bermanfaat untuk dokter bedah yang sudah lanjut usia.

Namun kursi untuk dokter bedah juga tidak bisa menggunakan kursi biasa, karena ada beberapa hal yang justru mengganggu proses bedah, serta ada beberapa hal yang harus disesuaikan, kursi yang digunakan untuk dokter bedah pada operasi laparoskopi ini memodifikasi kursi pada umumnya dengan penyesuaian kebutuhan dokter bedah mulai dari fitur, bentuk, dimensi sehingga masalah itu maka dibutuhkan perancangan lebih lanjut terkait kursi bedah. [8].

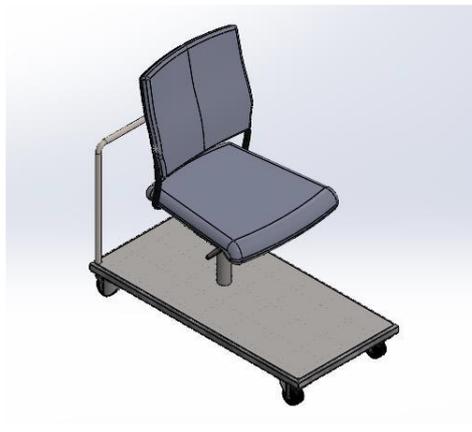
Berkenaan dengan hal tersebut, maka dirancanglah *Surgery Smart Chair* untuk menunjang kenyamanan dan produktifitas dokter bedah dalam melakukan operasi laparoskopi. Perancangan *Surgery Smart Chair* harus dilengkapi juga dengan analisis terkait desain yang telah dibuat untuk memastikan bahwa desain telah matang serta siap untuk bukan hanya dimanufaktur namun juga digunakan secara langsung oleh dokter bedah.

Analisis desain struktur *Surgery Smart Chair* meliputi analisis tegangan, regangan, serta deformasi yang terjadi pada struktur dengan arah deformasi, dengan demikian bisa disimpulkan apakah perancangan *Surgery Smart Chair* sudah cukup baik untuk digunakan.

2. Metodologi penelitian

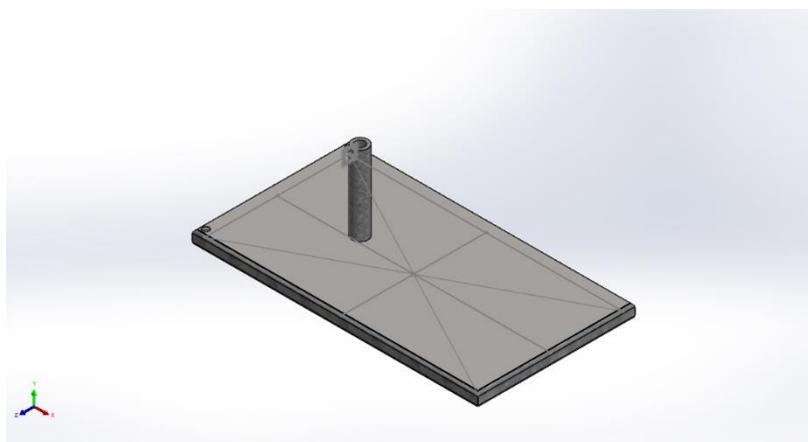
2.1 Observasi Spesifikasi Produk

Perancangan *surgery smart chair* menggunakan solidwork dengan modifikasi kursi untuk memenuhi kenyamanan serta fungsional yang dibutuhkan oleh dokter bedah laparoskopi. Secara umum gambaran desain *surger smart chair* adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Desain *Surgery Smart Chair*

Dari desain tersebut, akan dianalisa menggunakan solidwork bagaimana kekuatan dari struktur rangka yang telah dirancang, pembebanan yang akan diatur untuk penggunaan dokter dengan msasa 120 kg atau sekitar 1200 N. Gambar desain yang akan dianalisis adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Desain struktur rangka *Surgery Smart Chair*

Desain tersebut tidak melibatkan roda, pegangan serta kursi karena analisis akan berfokus pada struktur rangka dengan material galvanis. Dengan melakukan analisis pada struktur ini akan diketahui hasil tegangan, deformasi, serta *Factor of Safety* pada struktur rangka *Surgery Smart Chair*.

Struktur rangka bawah menggunakan material galvanis dengan spesifikasi berikut.

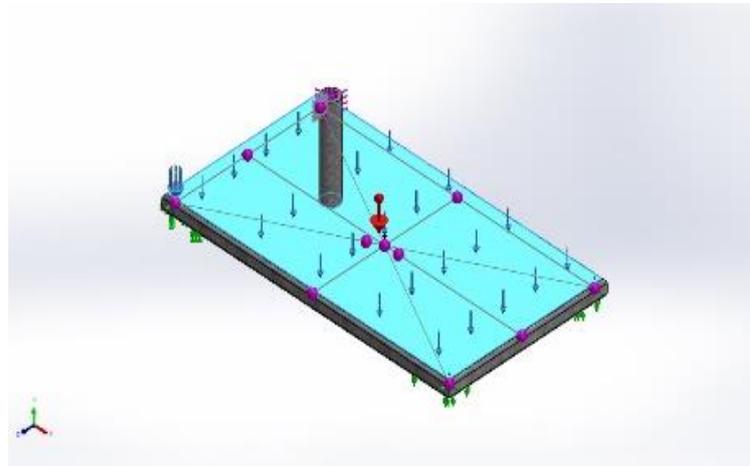
Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus		N/mm ²
Mass Density	7870	kg/m ³
Tensile Strength	356.9006745	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	203.9432426	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient		/K

Gambar 3. Spesifikasi properti galvanis

Galvanis tersebut berbentuk hollow dengan dimensi 40 x 40 x 4 mm³.

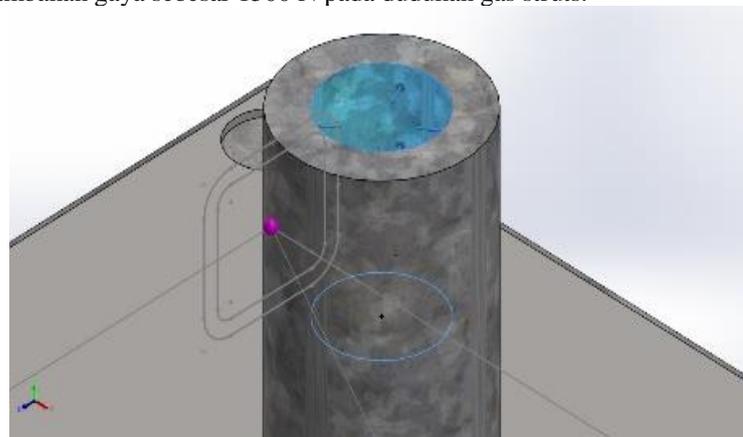
2.2 Permodelan Struktur Rangka Bawah

Analisa dari struktur rangka bawah dengan 3 model pada penelitian ini menggunakan aplikasi Solidworks, dengan pembebanan statis. Pembebanan statis ini berupa pemberian gaya pada struktur rangka kearah sumbu vertikal negatif. ada 3 buah pembebanan yang terjadi pada struktur rangka bawah, yaitu pemberian gravitasi sebesar 9.81 m/s², pemberian pembebanan sebesar 1200 N pada sepanjang struktur rangka, serta pembebanan 1500 N pada titik diletakkan dudukan kursi. berikut merupakan pembebanan yang diberikan pada struktur rangka pada solidworks.



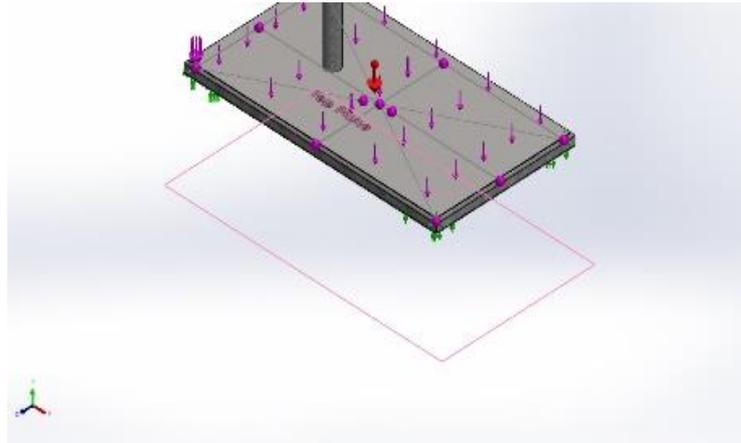
Gambar 4. Permodelan pemberian tekanan struktur rangka 1200 N

Pembebanan kedua adalah dengan menambahkan gaya pada dudukan gas struts sebesar 1500 N. berikut merupakan permodelan dengan penambahan gaya sebesar 1500 N pada dudukan gas struts.



Gambar 5. Permodelan pemberian tekanan pada dudukan gas struts 1500 N

Pembebanan ketiga adalah dengan menambahkan gravitasi pada simulasi terkait. Berikut merupakan permodelan dengan penambahan gravitasi searah sumbu y negatif dengan nilai gravitasi 9.81 m/s^2 .

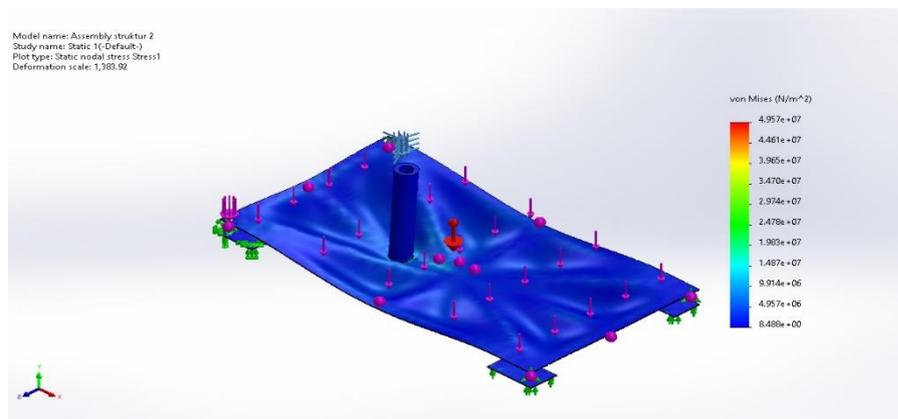


Gambar 6. Permodelan pemberian gravitasi sebesar 9.81 m/s^2

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Stress Pada Struktur Rangka Bawah

Tegangan merupakan besar gaya persatuan luas dari suatu struktur rangka. Semakin besar luasan permukaan dengan gaya yang tetap akan mengakibatkan tegangan semakin besar. Analisis ini digunakan menggunakan aplikasi *Solidworks* tegangan terbesar akan dinotasikan dengan warna merah sedangkan tegangan terendah dinotasikan dengan warna biru. Pada saat simulasi dilakukan, variasi struktur rangka untuk menentukan kekuatan masing-masing struktur rangka. Pembebanan akan dilakukan dengan pemberian gaya sebesar 1200 N atau kurang lebih ($122,325 \text{ Kg}$) dengan gravitasi 9.81 m/s^2 pada permukaan sisi arah normal dari rangka, sedangkan untuk pemberian gaya pada rangka di bawah housing gas struts sebesar 1500 N atau kurang lebih (152.90 Kg) dikarenakan gaya yang akan terjadi bukan hanya dari dokter yang berdiri pada struktur rangka, namun juga ada *housing* gas struts dan kursi yang akan dilas ke permukaan struktur rangka serta pemberian pembebanan berupa gravitasi pada *Solidworks* sebesar 9.81 m/s^2 sesuai keadaan di proses manufaktur, dengan massa kursi yang akan memberi tambahan tekanan. Berikut merupakan hasil simulasi stress pada struktur rangka *Surgery Smart Chair*.

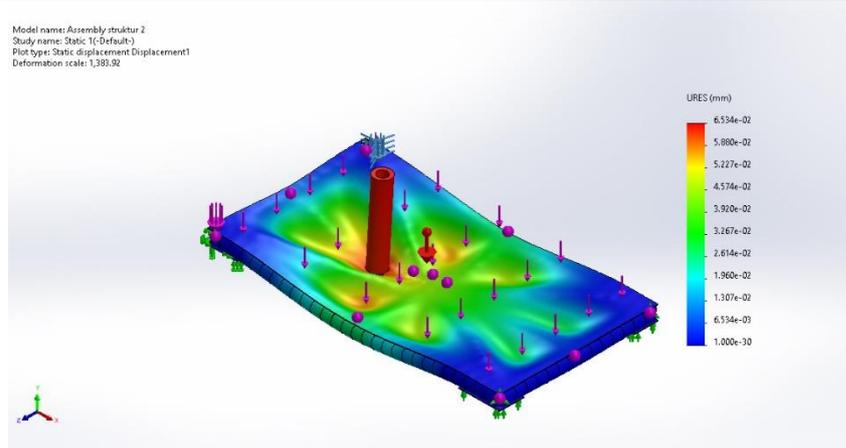


Gambar 7. hasil simulasi tegangan struktur rangka *Surgery Smart Chair*

Pada simulasi tegangan tersebut dapat diidentifikasi hasil berupa nilai tegangan maksimal dan tegangan minimal dari struktur rangka *Surgery Smart Chair*. Nilai tegangan terbesar pada struktur rangka tersebut sebesar $4.957 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ sedangkan untuk nilai tegangan terendah pada struktur rangka tersebut sebesar 8.488 N/m^2 .

3.2 Analisa Deformasi tiap Struktur Rangka Bawah

Deformasi adalah perubahan bentuk dari struktur karena pembebanan yang dilakukan ketika simulasi. Dengan pembebanan yang telah dijelaskan di atas maka dapat disimulasikan bagaimana deformasi yang terjadi, dan dapat diidentifikasi juga arah deformasi pada struktur.

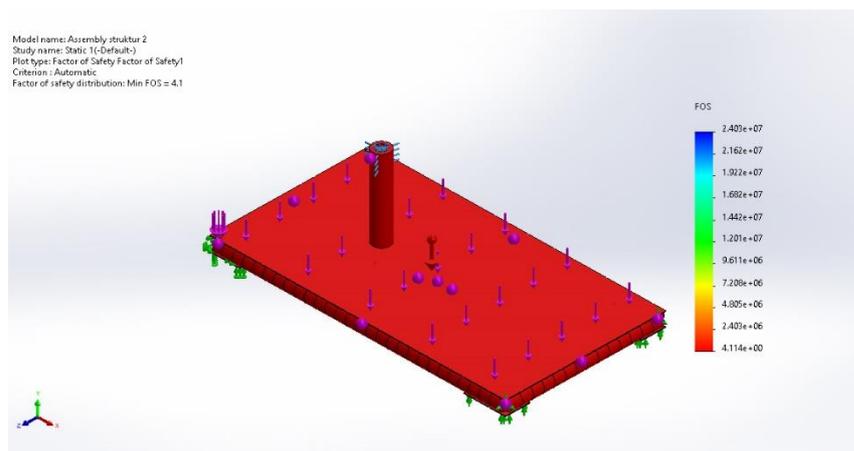


Gambar 8. Hasil simulasi deformasi struktur rangka *Surgery Smart Chair*

Hasil simulasi deformasi pada struktur *Surgery Smart Chair* dapat diidentifikasi bahwa nilai deformasi terbesar pada struktur rangka sebesar 6.534×10^{-2} mm dan deformasi terkecil sebesar 0 mm.

3.3 Analisa Factor of Safety struktur

Factor of Safety adalah perbandingan antara tegangan atau gaya yang terjadi terhadap kekuatan dari benda yang diuji [9]. Pada penelitian chairless chair digunakan SOF sebesar 1.8 [10]. Semakin tinggi *Factor of Safety* maka semakin kuat kualitas benda namun semakin mahal biaya produksinya, dalam kasus ini penulis menggunakan material berupa besi hollow galvanis dengan ukuran 40 x 40 x 4mm, namun struktur dari tiap desain berbeda maka dengan Solidworks dapat dianalisis *Factor of Safety* dari tiap struktur dengan pembebanan yang sama. *Factor of Safety* dianggap gagal jika bernilai ≤ 1 karena dengan nilai *Factor of Safety* 1 dengan sedikit perubahan, akan langsung menyebabkan kegagalan, disini penulis menggunakan acuan *Factor of Safety* minimal 4 karena kemungkinan kegagalan akan terjadi, hanya jika pembebanan yang diberikan 4x lipat dari pengujian.



Gambar 9. Hasil simulasi *Factor of Safety* struktur rangka *Surgery Smart Chair*

Hasil simulasi *Factor of Safety* pada struktur *Surgery Smart Chair* dapat diidentifikasi bahwa nilai FOS pada struktur rangka sebesar 2.403×10^7 sedangkan untuk FOS terendah sebesar 4.114

4. Kesimpulan

Hasil simulasi menunjukkan beberapa data yang dirangkum untuk dibandingkan tegangan, defrormasi, serta *Factor of Safety* dari tiap struktur rangka bawah. Struktur rangka memiliki kriteria tegangan yang relatif rendah, defrormasi rendah serta yang utama untuk dijadikan acuan berupa *Factor of Safety* yang cukup yaitu antara 1.8 - 5. Oleh karenanya, struktur rangka bisa diterapkan dalam manufaktur *Surgery Smart Chair*, struktur rangka yang telah disimulasi memiliki tegangan terbesar sebesar 4.957×10^7 N/m², sedangkan tegangan minimal dari struktur rangka tersebut adalah 8.488 N/m², defrormasi maksimal sebesar adalah 6.534×10^{-2} mm sedangkan yang terkecil sebesar 0 mm, serta FOS maksimal sebesar 2.403×10^7 sedangkan nilai FOS terkecil sebesar 4.114. Dengan pembebanan gaya 1200 N atau masa 122.3 Kg, sehingga aman digunakan oleh dokter bedah Indonesia.

5. Referensi

- [1] Wechter, Debra G. (2022). Laparoscopic surgery - series—Incision. diakses di: https://medlineplus.gov/ency/presentations/100166_1.htm. (19/04/2022)
- [2] Bafort, C., Beebejaun, Y., Tomassetti, C., Bosteels, J., & Duffy, J. M. (2020). Laparoscopic surgery for endometriosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (10).
- [3] Kurniawan Lasantu, F. A. Z. R. U. L. (2019). Asuhan Keperawatan Pada Klien Post Operasi Cholesistectomy Laparoskopik Atas Indikasi Cholelithiasis Dengan Nyeri Akut Di Ruang Marjan Bawah RSUD dr. Slamet Garut.
- [4] Janhofer, D. E., Lakhiani, C., & Song, D. H. (2019). Addressing Surgeon Fatigue: Current Understanding and Strategies for Mitigation. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 144(4), 693e-699e.
- [5] Armijo, P. R., Huang, C. K., High, R., Leon, M., Siu, K. C., & Oleynikov, D. (2019). Ergonomics of Minimally Invasive Surgery: an Analysis of Muscle Effort and Fatigue in The Operating Room Between Laparoscopic and Robotic Surgery. *Surgical endoscopy*, 33(7), 2323-2331.
- [6] van der Linden, S. D., Gehring, K., Rutten, G. J. M., Kop, W. J., & Sitskoorn, M. M. (2020). Prevalence and Correlates of Fatigue in Patients With Meningioma Before and After Surgery. *Neuro-Oncology Practice*, 7(1), 77-85.
- [7] Santoso, Gatot. (2022). Smart Equipment/Chair for Surgeon to Reduce Muscle Fatigue. Disertasi. Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Semarang.
- [8] Santoso, G., Sugiharto, S., Mughni, A., Ammarullah, M. I., Bayuseno, A. P., & Jamari, J. (2022). Chairless Chairs for Orthopedic Surgery Purpose—A Literature Review. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(F), 146-152.
- [9] Chen, Z. Y., & Shao, C. M. (1988). Evaluation of Minimum Factor of Safety in Slope Stability Analysis. *Canadian geotechnical journal*, 25(4), 735-748.
- [10] Kurnia, A. F. (2018). Rancang Bangun Chairless Chair (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas).