

PERANCANGAN SISTEM SWING PADA ALAT PERAGA MINI EXCAVATOR

**Fikhih Nur Hidayatulloh¹, Sugiyanto¹, Felixtianus Eko Wismo Winarto¹,
Braam Delfian Prihadianto¹ ✉**

¹ Department of Mechanical Engineering, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

✉ braam.delfian@ugm.ac.id

Received 26 September 2024, Revised 13 January 2026, Accepted 02 February 2026

ABSTRAK

Kebutuhan *excavator* sebagai media praktikum pada pendidikan vokasi hingga saat ini masih terkendala oleh tingginya biaya pengadaan unit *excavator* komersial. Kondisi tersebut menuntut pengembangan media pembelajaran bertema *excavator* dalam bentuk yang lebih ringkas tanpa mengabaikan karakteristik teknis utama. Perancangan komponen *swing device* alat peraga mini *excavator* memerlukan perhatian supaya aman, kokoh, dan mudah dirawat selama penggunaannya. Penelitian ini bertujuan menganalisis desain *swing device* alat peraga mini *excavator* menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan aplikasi *Computer Aided Engineering* dengan material carbon steel dan mild steel serta pembebanan sebesar 2.943 N. Hasil simulasi menunjukkan nilai *von mises stress* maksimum sebesar 65,01 MPa terjadi pada komponen pasak dan *safety factor* berada pada rentang nilai 5,16 - 15. Hal tersebut mengindikasikan bahwa desain memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik terhadap beban statis dan menghasilkan desain yang aman, efisien, dan representatif pada sistem kerja lat peraga mini *excavator*.

Kata Kunci: perancangan, *safety factor*, *swing*, alat peraga, mini *excavator*

1. PENDAHULUAN

Excavator merupakan alat berat yang memiliki peran strategis dalam berbagai sektor industri karena kemampuannya dalam melakukan pekerjaan penggalian, pengangkutan, dan pemindahan material dalam jumlah besar. Kinerja operasional *excavator* sangat ditentukan oleh sistem hidrolik sebagai sistem utama dalam mentransmisikan daya melalui fluida bertekanan. Sistem hidrolik berfungsi menggerakkan aktuator seperti boom, arm, dan bucket sehingga memungkinkan tercapainya efisiensi kerja yang tinggi serta pengendalian gerakan yang presisi [1].

Peningkatan kebutuhan penggunaan *excavator* mendorong berbagai pihak untuk mengembangkan *excavator* dalam

berbagai skala, baik berukuran besar maupun mini, yang dimanfaatkan sebagai sarana produksi maupun media pembelajaran. Dalam proses pengembangan desain *excavator*, aspek dimensi dan pemilihan material menjadi faktor yang mendapat perhatian utama. Perancangan tersebut umumnya didasarkan pada analisis pembebanan yang mencakup beban impak, tegangan lentur, tegangan geser, tegangan aksial, buckling, serta pengaruh tekanan hidrostatik [2].

Kebutuhan *excavator* sebagai media praktikum pada pendidikan vokasi hingga saat ini masih terkendala oleh tingginya biaya pengadaan unit *excavator* komersial. Kondisi tersebut menuntut pengembangan media pembelajaran bertema *excavator* dalam bentuk yang lebih ringkas tanpa mengabaikan karakteristik teknis utama. Oleh karena itu, perancangan alat peraga *excavator* mini harus memenuhi persyaratan desain yang meliputi aspek kekuatan struktur, estetika, serta keselamatan operasional.

Program Studi Teknik Pengelolaan dan Perawatan Alat Berat Sekolah Vokasi UGM telah memiliki alat peraga mini *excavator* yang dirancang menggunakan material ringan sehingga mudah dipindahkan. Alat peraga ini dilengkapi dengan komponen utama yang menyerupai *excavator* konvensional, seperti boom, arm, dan bucket, serta sistem kendali yang sederhana untuk mendukung kemudahan dan keselamatan pengoperasian oleh mahasiswa. Pengembangan mini *excavator* memiliki nilai strategis, antara lain tingginya potensi penggunaan komponen dalam negeri, penerapan konsep teknologi ramah lingkungan, serta kesesuaian sistem mekanik dan hidrolik yang disederhanakan dengan *excavator* skala besar [3]. Namun demikian, alat peraga tersebut masih memerlukan pengembangan, khususnya pada sistem gerak memutar (*swing*) dengan memanfaatkan komponen *swing* mini *excavator*. Fokus pengembangan pada tahap ini adalah merancang mekanisme *swing* agar alat peraga mini *excavator* mampu beroperasi lebih menyerupai *excavator* komersial.

<https://jurnal.ugm.ac.id/v3/jtrab/index>

DOI:10.22146/jtrab.v3i01.16600



Copyright: © 2026 by the authors.

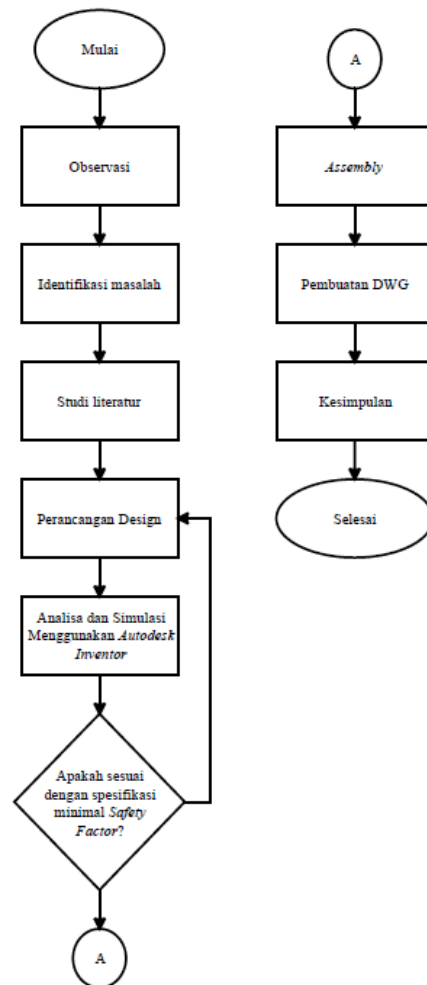
Rancang bangun *excavator* sederhana dengan menggunakan penggerak hidrolik berfokus pada komponen *boom*, *arm*, dan *bucket* mengakibatkan unit belum dapat beroperasi secara optimal. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa sistem penggerak menggunakan motor bensin 2 kW digunakan menggerakkan pompa hidrolik yang menghasilkan daya sebesar 1,7 kW sehingga didapatkan efisiesi motor hidrolik sebesar 84% dan efisiensi total *excavator* adalah 64% [4]. Penelitian terkait pembuatan alat peraga *planetary gear set* bertujuan membuat media pembelajaran terkait *power train* sehingga dapat lebih mudah dipahami. Komponen yang digunakan dalam pembuatan alat peraga terdiri dari planetary gear seat pada *power train* yang digerakkan oleh motor listrik sehingga perubahan kecepatan pada *out put shaft* dapat dikontrol [5].

Berdasarkan latar belakang dan kajian pustaka yang telah disampaikan sebelumnya, penelitian ini berfokus pada perancangan *swing device* dengan tujuan merancang sistem *swing* serta menganalisis nilai *von mises* serta *safety factor* pada alat peraga mini *excavator*. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan alat peraga *excavator* berskala kecil yang memiliki struktur kuat, kinerja efisien, dan tingkat keselamatan yang tinggi untuk mendukung kegiatan pembelajaran maupun riset dalam bidang rekayasa mesin dan alat berat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran umum tentang metode penelitian terlihat pada Gambar 1. Langkah pertama dalam merancang adalah observasi dan identifikasi awal terkait permasalahan dan sistem kerja alat peraga mini *excavator*. Langkah selanjutnya adalah melakukan studi literatur dan membuat desain komponen *swing device* alat peraga mini *excavator* menggunakan perangkat CAD, dengan material *carbon steel* untuk komponen pasak dan *mild steel* untuk komponen lainnya. Material jenis ini adalah baja karbon rendah yang sering digunakan dalam industri maupun untuk konstruksi karena memiliki sifat mampu las, mampu mesin, tangguh, dan harga terjangkau [6].

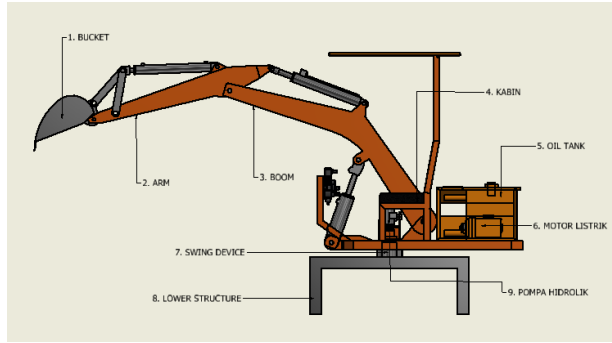
Rincian terkait *mechanical properties* material *carbon steel* dan *mild steel* tersaji pada tabel 1 sedangkan dan penjelasan desain alat peraga mini *excavator* dapat dilihat pada gambar 2. Perancangan desain dilakukan dilakukan dilakukan setelah menemukan konsep desain tepat dan sebelum pembuatan suatu objek bertujuan untuk memberikan gambaran desain yang akan dibuat. Penggunaan metode elemen hingga dengan bantuan *software Computer Aided Engineering* dalam perancangan komponen *swing device* dapat membantu dalam mengetahui bagian mana yang mendapatkan tekanan lebih besar [7].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Mechanical Properties [8][9]

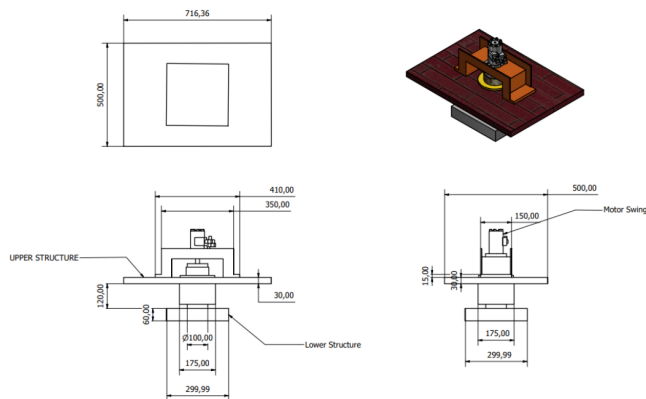
Mechanical Properties	Mild Steel	Carbon Steel
Ultimate Tensile Strenght	400-550 MPa	440 MPa
Yield Strenght	250 MPa	370 MPa
Modulus of Elasticity	200 GPa	205 GPa
Density	7,85 g/cm ³	7,85 g/cm ³
Shear Modulus	79,3 GPa	80,0 GPa



Gambar 2. Desain Alat Peraga Mini Excavator

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep perancangan sistem *swing* dimulai dengan melakukan observasi yang telah direncanakan dalam penelitian yang terkait. Penyesuaian dilakukan dengan mengubah skala serta merancang sesuai dengan kebutuhan mini excavator. Mini excavator dirancang untuk dikemudikan oleh satu operator. Selain itu, komponen sistem *swing* pada mini excavator juga membawa beban *upperstructure*, oleh sebab itu sistem *swing* dirancang sedemikian rupa untuk menahan beban di atasnya pada tahap awal dalam pembuatan desain, yaitu komponen dirancang satu persatu sesuai dengan fungsinya, kemudian komponen akan di *assembly* hingga seluruh komponen tersusun yang tersaji pada gambar 3.



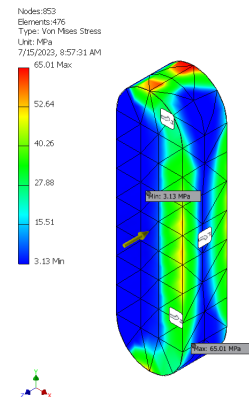
Gambar 3. Desain Mekanisme *Swing*

Proses selanjutnya adalah melakukan simulasi untuk mengetahui nilai *von mises stress* dan *safety factor* pada setiap komponen sistem mekanik *swing device* menggunakan pengujian simulasi *static analysis*. Hasil perhitungan berat komponen *upper structure* mini excavator sebesar 300 kg selanjutnya nilai tersebut akan dimasukkan ke perhitungan matematis dan didapatkan beban maksimal yang diujikan pada *swing device* sebesar 2.943 N, nilai tersebut akan digunakan untuk menganalisis nilai *von mises stress* dan *safety factor* sistem mekanik *swing device*.

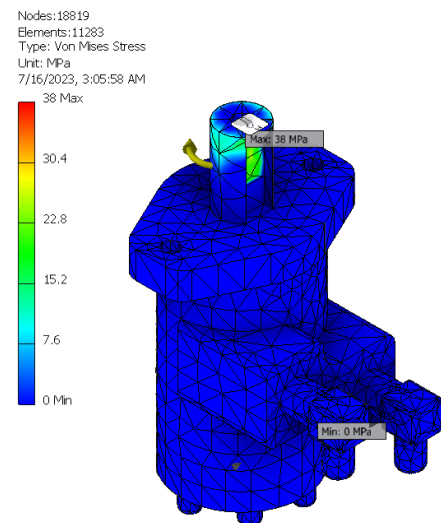
Von mises stress adalah gaya yang bekerja pada permukaan benda dan besarnya tergantung pada luas permukaan tersebut serta nilai tegangan ditunjukkan dengan menggunakan

perbedaan warna. Nilai *von mises stress* maksimum ditunjukkan dengan warna merah, sedangkan *von mises stress* minimum disajikan dalam warna biru dan variasi warna kuning, hijau serta biru muda untuk nilai tegangan antara tertinggi dan terendah [10]. Simulasi pada komponen *swing device* dilakukan untuk komponen pasak dan poros motor *swing*, *house bearing*, *lower structure* serta *bracket motor swing*.

Hasil simulasi yang dilakukan pada pasak dan poros motor *swing* menunjukkan bahwa nilai *von mises stress* berada pada nilai 3,13-65,01 MPa untuk komponen pasak serta 0,06-38 MPa pada komponen poros motor *swing*. Dalam perancangan *swing device*, komponen pasak menggunakan material *carbon steel*. Hasil simulasi menunjukkan nilai maksimum *von mises stress* sebesar 65,01 MPa yang lebih kecil dari nilai *yield strength* material *carbon steel* sebesar 370 MPa seperti tersaji pada tabel 1. Hasil simulasi komponen pasak yang terlihat pada gambar 3 menunjukkan bahwa distribusi *von mises stress* maksimum cenderung terjadi pada bagian silindris dan area geometris tak beraturan.

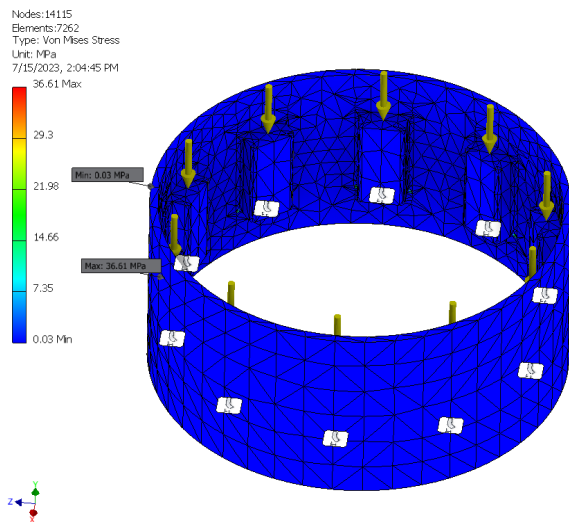


Gambar 3. Hasil Simulasi *Von Mises Stress* Komponen Pasak

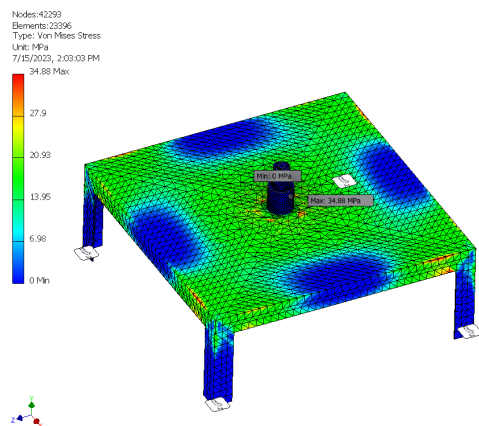


Gambar 4. Hasil Simulasi *Von Mises Stress* Komponen *Shaft*

Hasil simulasi yang dilakukan pada komponen poros motor *swing* terlihat pada gambar 4, nilai maksimum *von mises stress* yang dihasilkan sebesar 38 MPa yang terjadi pada area dengan bentuk yang kompleks. Nilai maksimum yang dihasilkan menunjukkan bahwa struktur mengalami tegangan yang rendah dan masih berada pada zona aman untuk material *mild steel* dengan nilai *yield strength* sebesar 250 MPa. Komponen lain yang pada perancangan *swing device* yang meliputi *house bearing*, *lower structure*, dan *bracket motor swing* didesain dengan menggunakan material *mild steel*. Hasil simulasi untuk komponen *house bearing* yang tersaji pada gambar 5, nilai maksimum *von mises stress* yang terjadi sebesar 36,61 MPa. Tekanan ini terdistribusi secara merata di berbagai titik pembebanan dan sambungan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa desain *house bearing* cukup efisien dalam mentransfer beban dan masih jauh dari nilai *yield strength* material yang ditunjukkan pada tabel 1.

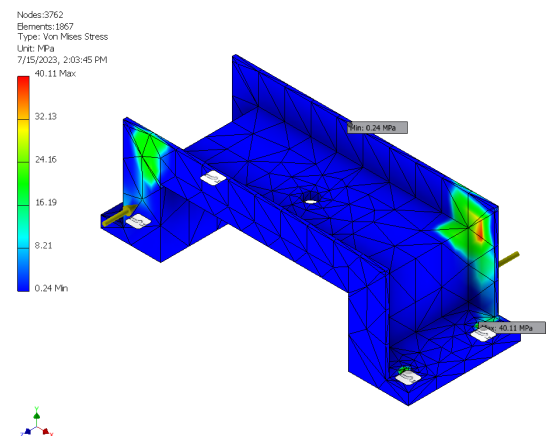


Gambar 5. Hasil Simulasi *Von Mises Stress* Komponen *House Bearing*



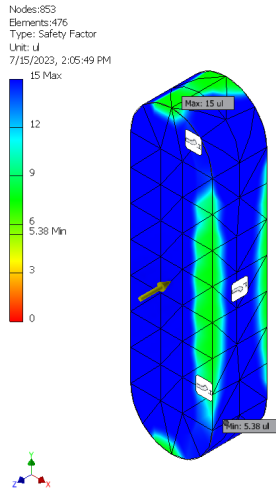
Gambar 6. Hasil Simulasi *Von Mises Stress* Komponen *Lower Structure*

Komponen *lower structure* dan *bracket motor swing* yang didesain menggunakan material *mild steel*, dari hasil simulasi memiliki nilai *von mises stress* maksimum 34,88 MPa untuk *lower structure* dan 40,11 MPa pada komponen *bracket motor swing*. Distribusi tegangan pada komponen *lower structure* yang tersaji pada gambar 6 dan komponen *bracket motor swing* ditunjukkan pada gambar 7 terjadi pada bagian tepi dan sambungan. Dengan nilai *von mises stress* tertinggi pada kedua komponen tersebut yang dalam batas aman karena tidak melebihi *yeild limit* material, menunjukkan bahwa struktur ini mampu menahan beban tanpa adanya indikasi kerusakan.

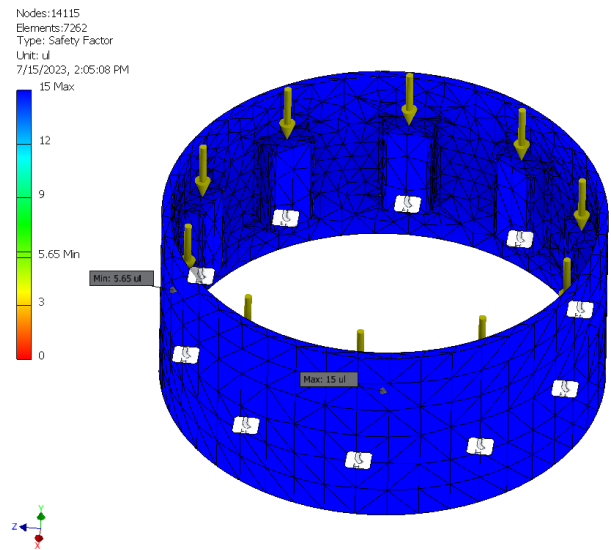


Gambar 7. Hasil Simulasi *Von Mises Stress* Komponen *Bracket Motor Swing*

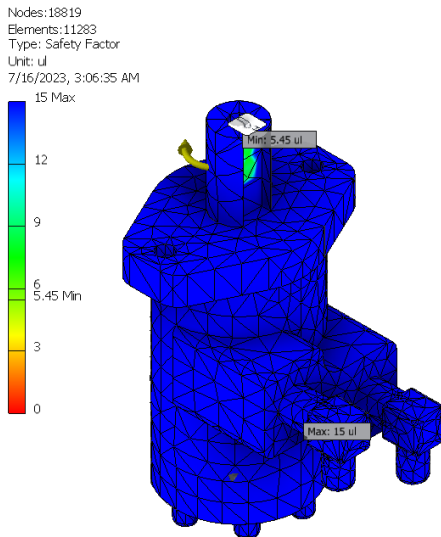
Untuk simulasi pengujian *safety factor* pada desain *swing device* alat peraga mini excavator didapatkan *safety factor* minimum bernilai antara 5,16 – 5,94. Nilai *safety factor* komponen *bracket motor swing* merupakan nilai terkecil dari komponen lainnya. Dari simulasi didapatkan bahwa nilai maksimum *safety factor* pada semua komponen *swing device* memiliki nilai yang sama sebesar 15. Hasil simulasi untuk *safety factor* dapat dilihat pada gambar 8 untuk komponen pasak, gambar 9 untuk komponen *shaft*, gambar 10 untuk komponen *house bearing*, gambar 11 untuk komponen *lower structure*, dan gambar 12 untuk komponen *bracket motor swing*.



Gambar 8. Hasil Simulasi *Safety Factor* Komponen Pasak

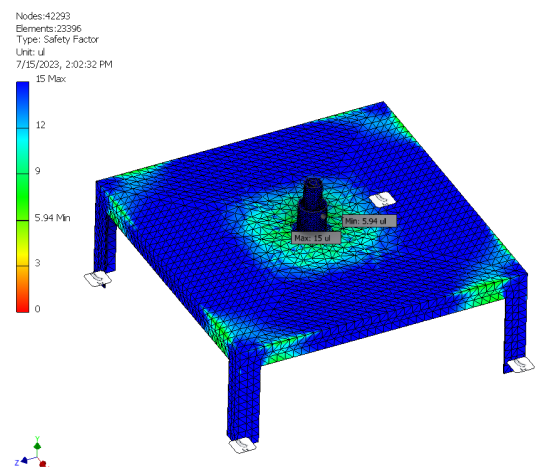


Gambar 10. Hasil Simulasi *Safety Factor* Komponen *House Bearing*

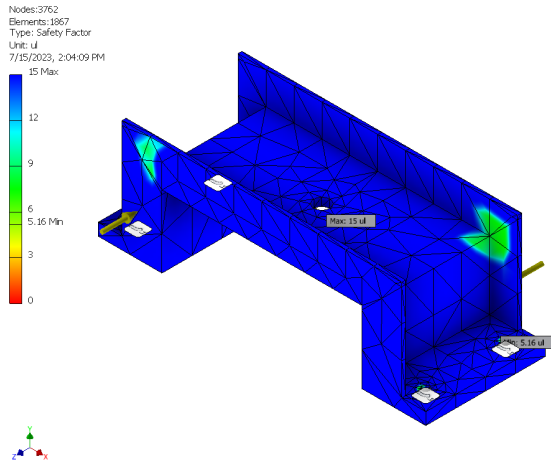


Gambar 9. Hasil Simulasi *Safety Factor* Komponen *Shaft*

Dalam sebuah perancangan konstruksi, tingkat keamanan material sangat mempengaruhi besarnya tegangan yang terjadi. Semakin besar tegangan yang terjadi maka semakin rendah tingkat keamanan material yang akan digunakan. Nilai *safety factor* hasil simulasi pada desain komponen *swing device* berada diatas nilai minimal *safety factor* untuk desain struktural sebesar 2,5. Nilai *safety factor* yang lebih dari 10 menunjukkan bahwa desain tersebut lebih kuat dibandingkan standar yang dibutuhkan untuk menahan beban kerja. Kondisi seperti ini, desain dianggap memiliki efisiensi material rendah karena menggunakan material yang memiliki kekuatan jauh lebih tinggi atau dimensi berlebih yang sebenarnya tidak diperlukan untuk memenuhi persyaratan dasar kekuatan [11].



Gambar 11. Hasil Simulasi *Safety Factor* Komponen *Lower Structure*



Gambar 12. Hasil Simulasi *Safety Factor* Komponen *Bracket Motor Swing*

Tabel 2. Rekap Hasil Simulasi

Nama Komponen	Material	Yield Strenght	Von Mises Stress	Safety Factor
Pasak	Carbon Steel	370 MPa	3,13 - 65,01 MPa	5,38 - 15
Shaft	Mild Steel	250 MPa	0 – 38 MPa	5,45 - 15
House Bearing	Mild Steel	250 MPa	0,03 – 36,61 MPa	5,65 - 15
Lower Structure	Mild Steel	250 MPa	0 – 34,88 MPa	5,94 - 15
Bracket Motor Swing	Mild Steel	250 MPa	0,24 – 40,11 MPa	5,16 - 15

Hasil simulasi *von mises stress* dan *safety factor* untuk kelima komponen *swing device* tersaji pada tabel 2. Secara keseluruhan hasil simulasi yang ditampilkan memperlihatkan bahwa nilai *von mises stress* pada semua komponen *swing device* tidak melebihi batas *yield strenght* material. Dengan kondisi seperti ini menunjukkan bahwa struktur tetap berada pada area elastis dan aman terhadap beban yang diberikan tanpa ada indikasi kerusakan awal [12].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, desain *swing device* menunjukkan kekuatan dan kekakuan yang sangat baik dalam menghadapi beban statis. Nilai maksimum *von mises stress* mencapai 65,01 MPa yang terjadi pada komponen pasak dan *safety factor* berada di kisaran 5,16 - 15 menunjukkan bahwa secara keseluruhan desain memenuhi standar kelayakan mekanis dan dapat dinyatakan aman. Dengan hasil ini diharapkan tercipta desain *swing device* yang aman dari sisi struktur, efisien secara desain, dan representatif terhadap sistem kerja alat.

REFERENSI

- [1] N. Olifanta, Pribadyo, H. Darsan, and A. Et, "Analisis Kerusakan Sistem Hidrolik pada Boom Silinder Unit Eskavator Komatsu PC 200-7 di PT. Wirataco Mitra Mulia," *J. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 5, pp. 289–296, 2022, doi: 10.36418/comserva.v2i5.275.
- [2] W. Nirbito and D. K. Sainan, "Pengembangan Excavator Mini Amfibi Pengeruk Sampah Kapasitas Bucket 0,4 M3 Di Sungai Kecil," 2013, pp. 762–768.
- [3] Sugiyanto, B. D. Prihadianto, Harjono, D. M. Istiko, and S. Siswanto, "Rancang Bangun Bucket Pada Mini Excavator Listrik," vol. 16, no. 1, pp. 137–148, 2025, doi: 10.21776/jrm.v16i1.1723.
- [4] E. A. Syaefudin, "Rancang Bangun Excavator Sederhana Tipe Backhoe Berpenggerak Hidrolik," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 1, no. 2, pp. 110–117, 2014, doi: 10.21009/jkem.1.2.8.
- [5] Fachruddin, I. Susanto, and B. Priyanto, "Pembuatan Alat Peraga Planetary Gear Set Sebagai Media Pembelajaran Power Train," *Politeknologi*, vol. 10, no. 3, pp. 239–243, 2011.
- [6] O. M. Ikumapayi, I. P. Okokpujie, S. A. Afolalu, O. O. Ajayi, E. T. Akilabi, and O. P. Bodunde, "Effects of Quenchants on Impact Strength of Single-Vee Butt Welded Joint of Mild Steel," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 391, no. 1, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/391/1/012007.
- [7] A. Sharma, "Recent Trends on Excavator Component Backhoe : A Review," *Int. J. Res. Eng. Appl. Manag.*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: 10.35291/2454-9150.2019.0111.
- [8] O. M. Ikumapayi *et al.*, "Effects of Heat Treatment on the Impact and Hardness Properties of Mild Steel [ASTM 36] Lap Welded Joint," in *E3S Web of Conferences*, 2021, pp. 1–8. doi: 10.1051/e3sconf/202130901078.
- [9] K. B. Rahman, S. A. Widyanto, and M. Ariyanto, "Analisis Kekuatan Pegas Dan Rangka Anhang Moveable Hydrogen Tank Dalam Sustem Green Hub H2 Plant," *J. Tek. Mesin S-I*, vol. 13, no. 3, pp. 327–336, 2025.
- [10] U. M. Sugeng and Deniyanto, "Perhitungan Lengan Excavator Kapasitas 450 KG Untuk Laboratorium," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 7, pp. 92–107, 2020, doi: DOI: http://10.37373/tekno.v%vi%i.11.
- [11] H. S. Sucuoglu, I. Bogrekci, P. Demircioglu, and A. Gultekin, "Analysis and Optimization of Mini Excavator with Hydraulic System Analysis and Optimization of Mini Excavator with Hydraulic System," *8th Int. Adv. Technol. Symp.*, 2017.
- [12] M. Cahyo *et al.*, "Analisis Kekuatan Sambungan Las Baja Ss400 Pada Side Frame Bogie Kereta Api Akibat Variasi Kecepatan Pengelasan Dengan," *J. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 3, pp. 265–268, 2025.