

ANALISIS TEGANGAN *BOOM* PADA *BACKHOE LOADER* JOHN DEERE 310L MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

*Muhammad Mahdy Faiz¹, **Sumar Hadi Suryo², Muchammad²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: mahdyfaiz@gmail.com; **E-mail: sumarhs.undip@gmail.com

Abstrak

Backhoe Loader adalah mekanisme yang digerakkan oleh tenaga yang digunakan untuk menggali, memindahkan atau mengangkut kerikil, pasir atau tanah. Mesin ini merupakan mesin konstruksi yang menggabungkan antara traktor, loader, dan backhoe. Backhoe terdiri dari tiga bagian, yakni *boom*, *arm*, dan *bucket*. *Boom* merupakan lengan atas, *arm* merupakan bagian dari lengan bawah, dan *bucket* merupakan alat penggali dan pengangkat di ujungnya. Dengan kondisi kerja yang keras dalam operasi backhoe, tekanan tinggi dapat merusak bagian *boom* yang akan berdampak negatif terhadap produktivitas alat berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan *boom* pada *Backhoe Loader* John Deere 310L menggunakan metode linear *static* dengan penerapan metode elemen hingga yang kemudian dilanjutkan dengan melakukan evaluasi untuk mengetahui faktor keamanan *boom* *Backhoe Loader* John Deere 310L. Dilakukan tiga variasi untuk mendapatkan tegangan *von mises*, yaitu posisi jangkauan tinggi maksimum, jangkauan datar maksimum, dan jangkauan kedalaman maksimum. Material yang diuji pada penelitian kali ini menggunakan material Hardox 400. Diperoleh nilai tegangan *von mises* dan nilai deformasi pada posisi jangkauan tinggi maksimum sebesar 711,09 Mpa dan 12,44 mm, pada posisi jangkauan datar maksimum sebesar 881,46 Mpa dan 15,95 mm, dan pada posisi jangkauan kedalaman maksimum sebesar 571,05 dan 9,94 mm. Nilai *safety factor* yang didapatkan sebesar 1.13 yang mana masih dalam kategori aman sehingga tidak terjadi kegagalan material.

Kata kunci: boom; deformasi; metode elemen hingga; safety factor; tegangan von mises

Abstract

Backhoe Loader is a power-driven mechanism used to dig, move or transport gravel, sand or soil. This machine is a construction machine that combines tractors, loaders, and backhoes. The backhoe consists of three parts, namely boom, arm, and bucket. The boom is the upper arm, the arm is part of the forearm, and the bucket is the digging and lifting device at the end. With the harsh working conditions of the backhoe operation, high pressure can damage the boom part which will negatively affect the productivity of the machine. This study aims to determine the value of the boom voltage on the John Deere 310L Backhoe Loader using the linear static method by applying the finite element method which is then continued by evaluating to determine the safety factor of the John Deere 310L Backhoe Loader boom. Three variations were performed to obtain the von mises stress, namely the maximum high range position, the maximum flat range, and the maximum depth range. The material tested in this study used Hardox 400 material. Von mises voltage values and deformation values were obtained at maximum high range positions of 711.09 Mpa and 12.44 mm, at maximum flat range positions of 881.46 Mpa and 15.95 mm, and at maximum depth range positions of 571.05 and 9.94 mm. The safety factor value obtained is 1.13 which is still in the safe category so that material failure does not occur.

Keywords: boom; deformation; finite element method; safety factor; von mises stress

1. Pendahuluan

Dewasa ini, penggunaan mesin pekerjaan tanah semakin meningkat. Banyak perhatian mulai diberikan dalam mendesain mesin pekerjaan tanah atau yang juga dikenal sebagai mesin pemindah tanah. Hal ini merupakan dampak dari berkembangnya industri mesin pekerjaan tanah secara pesat sehingga membutuhkan mesin konstruksi performa tinggi dengan mekanisme kompleks yang memungkinkan otomatisasi dari kegiatan konstruksi [1]. Salah satu mesin pekerjaan tanah tersebut adalah *backhoe loader*.

Backhoe pada bagian backhoe loader dapat digunakan untuk menggali material keras serta menangani tanah dan serpihan batuan. Nama backhoe sendiri didapatkan dari penempatan rakitan yang terletak di bagian belakang traktor.

Rakitan tersebut terdiri dari tiga bagian, yakni boom, stick atau dipper, dan bucket. Boom merupakan lengan atas, stick atau dipper merupakan bagian dari lengan bawah, dan bucket merupakan alat penggali dan pengangkat di ujungnya.[2]

Dengan kondisi kerja yang keras dalam operasi backhoe, tekanan tinggi dapat merusak bagian-bagian penting backhoe seperti boom yang akan berdampak negatif terhadap produktivitas alat berat. Oleh karena itu, perancang perlu menyediakan peralatan yang dapat diandalkan secara maksimal namun dengan berat dan biaya yang minimum untuk memastikan keamanan mesin dalam semua kondisi pembebanan. Sehingga, analisis gaya dan analisis kekuatan merupakan langkah penting dalam mendesain boom.[3]

Salah satu teknik analisis gaya dan kekuatan ialah Finite Element Analysis (FEA). Finite Element Analysis (FEA) adalah teknik yang paling kuat untuk menghitung kekuatan struktur yang beroperasi di bawah beban yang diketahui dan kondisi batas [4]. Maka karena itu, penulis tertarik melakukan analisis tengan pada boom backhoe loader menggunakan metode FEA (Finite Element Analysis).

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Identifikasi Material

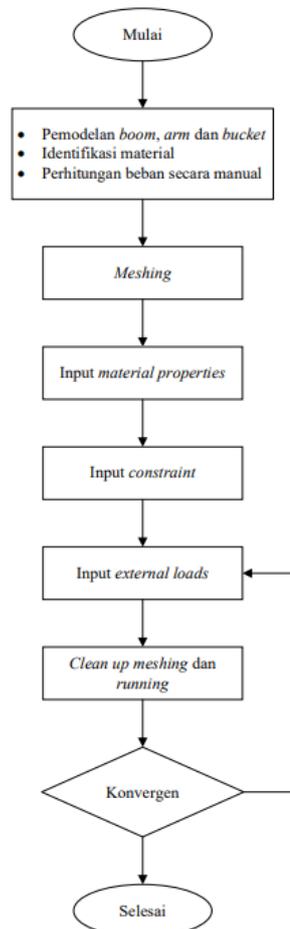
Material yang dipakai pada penelitian ini adalah Hardox 400. Data-data material tersebut digunakan untuk melakukan analisis statik sehingga didapatkan nilai tegangan dan juga nilai safety factor. Data material Hardox 400 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Mechanical Properties* Material Hardox 400. [5]

| No. | <i>Mechanical Properties</i> | Nilai | Satuan |
|-----|----------------------------------|---------|-------------------|
| 1. | Densitas | 7473,57 | Kg/m ³ |
| 2. | Modulus Elastisitas | 210 | GPa |
| 3. | <i>Possion Ratio</i> | 0,29 | - |
| 4. | <i>Yield Strength</i> | 1000 | MPa |
| 5. | <i>Ultimate Tensile Strength</i> | 1250 | MPa |

2.2 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah kegiatan mengacu pada diagram alir yang bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

2.3 Proses Pemodelan 3D Boom Backhoe Loader

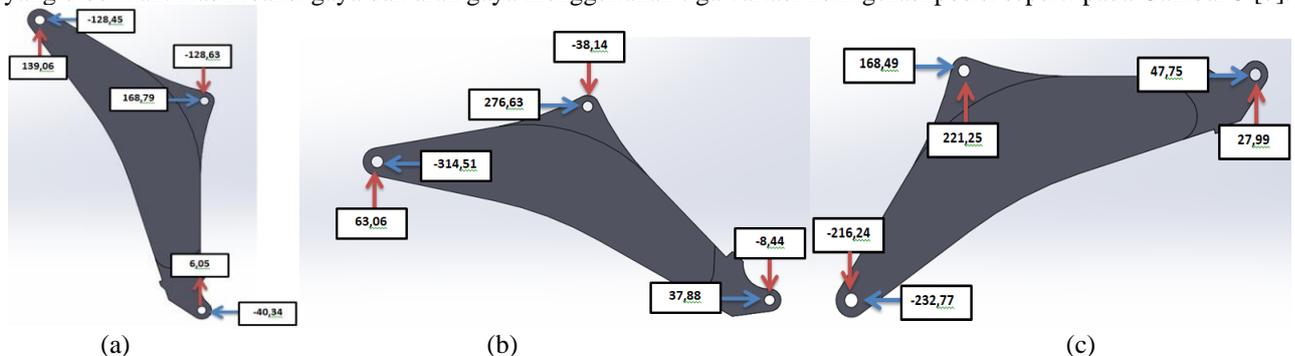
Penelitian ini menggunakan desain *boom backhoe loader* John Deere 310L. Pembuatan desain *boom backhoe loader* dilakukan menggunakan software CAD dengan menggunakan pendekatan dari desain aslinya. Pada Gambar 2 diperoleh hasil desain 3D *boom backhoe loader* yang dibuat menggunakan software Solidworks 2019.



Gambar 2. Hasil Desain CAD Boom Backhoe Loader

2.4 Pemodelan Linear Statik

Pemodelan linear statik dipengaruhi oleh gaya yang bekerja pada *arm* dan *bucket backhoe loader*. *Backhoe Loader* yang digunakan pada penelitian ini adalah John Deere 310L yang memiliki *bucket digging force* sebesar 48 kN [6]. Menggunakan perhitungan dari bucket, arm, dan boom dapat diperoleh reaksi gaya dan arahnya sesuai dengan beban yang diberikan. Hasil reaksi gaya dan arah gaya menggunakan tiga variasi konfigurasi posisi seperti pada Gambar 3 [7].



Gambar 3. Reaksi gaya dan arah gaya, (a) posisi jangkauan ketinggian maksimum, (b) posisi jangkauan datar maksimum, dan (c) posisi jangkauan kedalam

2.5 Pemodelan Setting Up Parameter

Analisis struktur desain menggunakan pemodelan linear statik menggunakan Software Ansys 2019 yang hasilnya digunakan untuk mendapatkan hasil tegangan *von-Mises*, deformasi, dan menentukan daerah kritis.

1. Pemilihan Material

Pada tahapan ini dilakukan penentuan jenis material yang digunakan dengan hasil pengujian dan pemberian properties.

2. Import Geometri

Tahapan selanjutnya adalah untuk import geometri dari *software* Ansys.

3. Meshing Control

Pada tahapan ini dilakukan penentuan metode Meshing untuk 3D modelling dengan menentukan parameter.

4. Pemberian Constraint

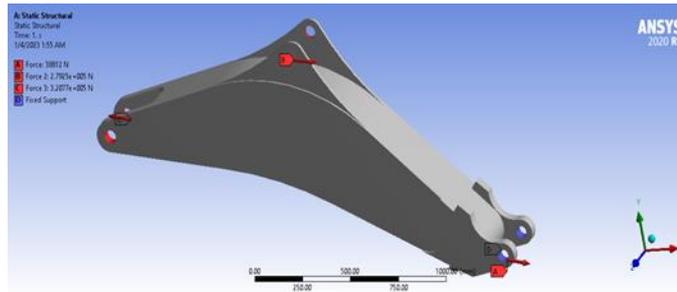
Pemberian *constraint* atau tumpuan pada bagian boom yang berhubungan langsung dengan base dengan menggunakan *fixed constraint*.

5. Pemberian Gaya

Setelah dibuat tumpuan maka dilakukan pemberian gaya pada *boom*.

6. Analisis Processing

Proses *running* analisis ini dilakukan dengan mengklik *Solve* (F5). Setelah dilakukan proses analisis maka dilanjutkan dengan evaluasi material.



Gambar 4. Pemberian *Constraint* dan Gaya

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Konvergensi

Uji konvergensi digunakan untuk memastikan jumlah elemen yang dipakai sudah sesuai. Uji konvergensi dikatakan sudah sesuai atau konvergen apabila nilai yang didapatkan bernilai memusat, menuju suatu keterpusatan [8]. Berikut merupakan hasil uji konvergensi pada posisi datar maksimum menggunakan material Hardox 400.

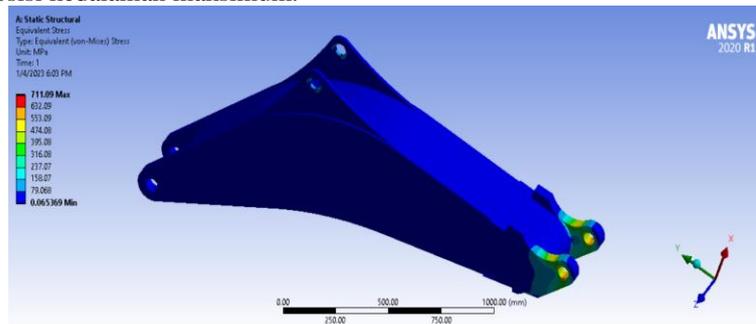
Tabel 2. Uji Konvergensi Material Hardox 400

| No. | Elements Size (mm) | Elements | von Mises (mm) |
|-----|--------------------|----------|----------------|
| 1. | 30 | 11196 | 824,43 |
| 2. | 25 | 14983 | 835,62 |
| 3. | 20 | 19550 | 850,75 |
| 4. | 15 | 34331 | 880,16 |
| 5. | 10 | 73892 | 881,46 |

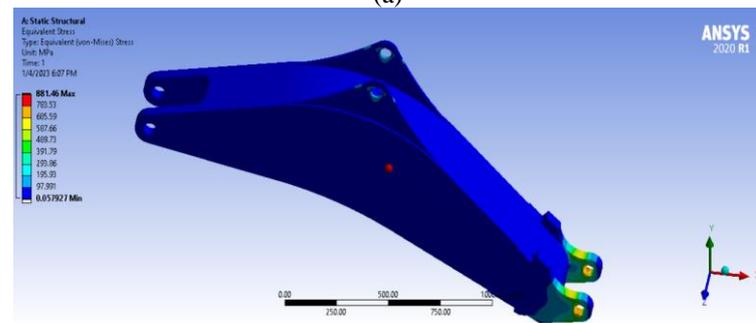
Bisa dilihat pada tabel diatas, semakin banyak jumlah elemen, maka semakin besar juga nilai Von Mises yang didapatkan. Pada hasil uji konvergensi ke-4, dengan jumlah elemen sebanyak 34331 mendapatkan nilai *von mises* sebesar 880,16 Mpa. Lalu pada hasil uji konvergensi ke-5, dengan jumlah elemen sebanyak 73892 mendapatkan hasil *von mises* sebanyak 881,46 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa nilai perubahan nilai *von mises* sudah tidak terlalu signifikan sehingga bisa dikatakan bahwa nilai tegangan *von mises* sudah konvergen.

3.2 Hasil Simulasi Linear Statik

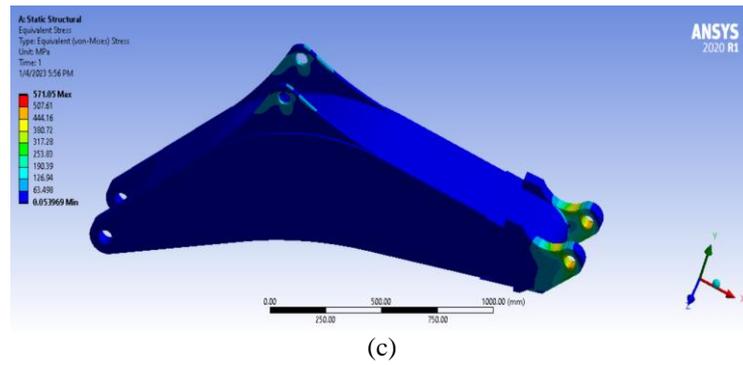
Untuk mengetahui apakah material yang digunakan tidak mengalami kegagalan dan dapat dioptimasi dilakukan analisa linear statik untuk mendapatkan nilai tegangan von-Mises dan deformasi [9]. Pada Gambar 6. Dan 7. dapat dilihat hasil dari tegangan Von Mises maksimum dan deformasi maksimum pada posisi ketinggian maksimum, posisi datar maksimum, dan posisi kedalaman maksimum.



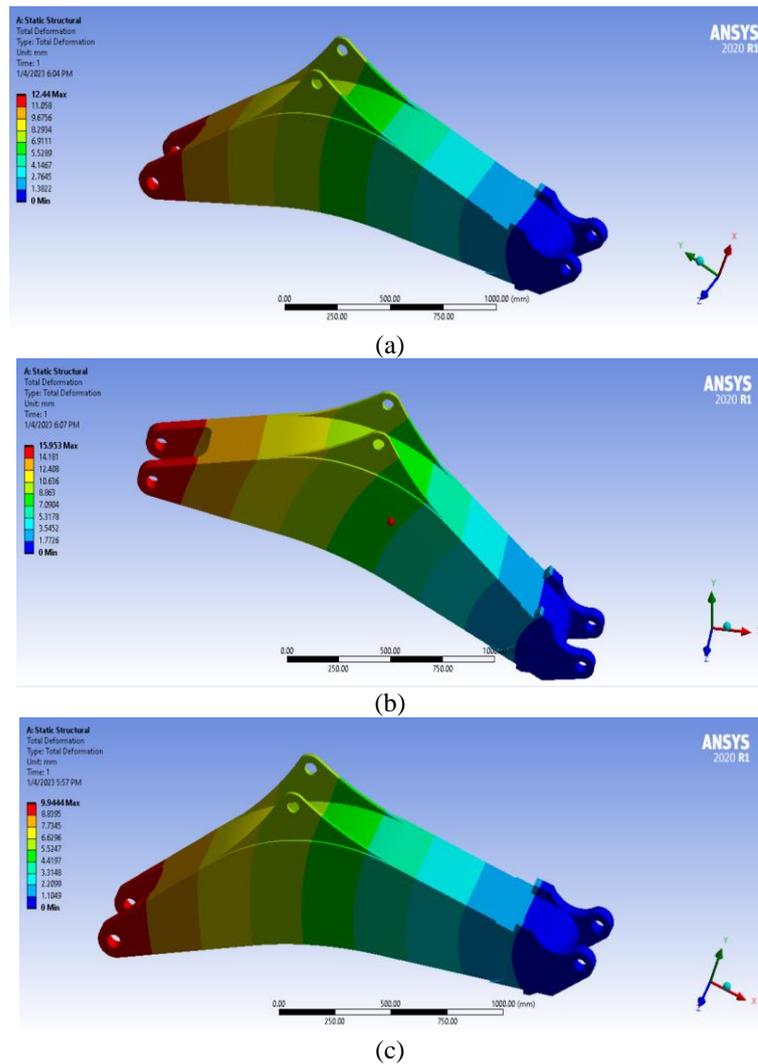
(a)



(b)



Gambar 6. Tegangan Von Mises Maksimum
 (a) posisi ketinggian maksimum, (b) posisi datar maksimum, dan (c) posisi kedalaman maksimum



Gambar 7. Tegangan Deformasi Maksimum
 (a) posisi ketinggian maksimum, (b) posisi datar maksimum, dan (c) posisi kedalaman maksimum

Berdasarkan tiga konfigurasi posisi yang digunakan, diketahui bahwa hasil tegangan Von Mises maksimum dan deformasi maksimum pada setiap variasi adalah (a) 711,09 Mpa dan 12,44 mm , (b) 881,46 Mpa dan 15,95 mm, dan (c) 571,05 Mpa dan 9,94 mm.

3.3 Safety Factor

Hasil uji *safety factor* pada *boom* berperan agar kita dapat mengetahui tingkat keamanan suatu struktur apabila diberi suatu beban. *Safety factor* dikatakan aman apabila nilai tegangan maksimum *von mises* tidak melebihi batas nilai kekuatan yang diijinkan dalam hal ini nilai *yield strength* dari material [10]. Nilai *von mises* maksimum didapatkan pada posisi datar maksimum yaitu 881,46 Mpa yang mana masih dibawah *yield strength* dari material Hardox 400 yaitu sebesar 1000 Mpa. Sehingga didapatkan nilai *safety factor* pada *boom* sebesar:

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Von Mises}}$$

$$\text{Safety Factor} = \frac{1000}{881,46} = 1,13$$

Safety factor boom adalah 1,13 yang mana masih dalam angka rentang aman sehingga tidak terjadi kegagalan material.

4. Kesimpulan

Didapatkan nilai tegangan maksimum *von mises* pada jangkauan tinggi maksimum sebesar 711,09 Mpa, pada jangkauan datar maksimum sebesar 881,46 Mpa, dan pada jangkauan kedalaman maksimum sebesar 571,05 Mpa. Nilai tegangan Von Mises terbesar terdapat pada variasi posisi jangkauan datar maksimum dengan nilai sebesar 881,46 Mpa. Untuk tegangan *von mises* maksimum didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1,13 yang mana masih dalam kategori aman sehingga tidak terjadi kegagalan.

5. Daftar Pustaka

- [1] C. K., M., and Ikbalahemad, M. R. (2015). Development of Backhoe Machine By 3-D Modelling using CAD Software and Verify the Structural Design By using Finite Element Method. *IJRST International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 2, 108-117.4.
- [2] Juber, H. Q., and Manish, S. (2012). Study and analysis of boom of backhoe loader with the help of FE tool. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 2, 882-884.6.
- [3] Le-ol, A. K., dan Kpina C. B. 2019. Improvement Design and Modelling of The Backhoe Arm of A Backhoe Loader. Nigeria
- [4] Erklig, A., & Yeter, E. (2013). The Improvements of the Backhoe-Loader Arms. *Modeling and Numerical Simulation of Material Science*, 03(04), 142–148. <https://doi.org/10.4236/MNSMS.2013.34020>
- [5] SSSAB., "Hardox 400 sheet", Data sheet 2061uk Hardox 400 Sheet 2016-03-02
- [6] John Deere (2021). Backhoe Loaders L Series.
- [7] SAE J1179 : Hydraulic Excavator and Backhoe Digging Force. Warrendale : SAE International, 1990.
- [8] Jeff Gardiner., "Finite Element Analysis Convergence and Mesh Independence" ., Selley, et all, *Engineering Optimization*. Budapest, 2012.
- [9] Chunlei Yu., dkk., 2020., "Finite element analysis of excavator mechanical behavior and boom structure optimization", 173 (2021) 108637.
- [10] Wicaksono, D. S. et al. (2021) 'Analisa Tegangan Dan Optimasi Desain Arm Excavator Tipe Cat 320D Menggunakan Solidworks'.