



SIMULASI DESAIN *ROLLER* SEBAGAI KOMPONEN *TRACK* TUMPUAN RANTAI PROTOTIPE *EXCAVATOR* UNTUK MENENTUKAN KEKUATAN MATERIAL MENGGUNAKAN AUTODESK INVENTOR

Ricky Jaya¹, Edi Tri Astuti², Nur Rohmat³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : rickymoraa15@gmail.com¹, dosen01544@unpam.ac.id², dosen00597@unpam.ac.id³

Masuk : 1 September 2021

Direvisi : 15 September 2021

Disetujui : 20 September 2021

Abstract : *The track roller has the function of retaining the excavator's load on the track link, the weight of all excavator components rests on the track roller against the track line. This study aims to determine the simulation results of von Mises stress, displacement, and safety factor at pressure variations of 88.64 MPa, 88.83 MPa, and 89.53 MPa. In this study, the track roller design process limits using Autodesk Inventor software, the calculation analysis simulation process uses Autodesk Inventor software, the track roller simulation only determines the von Mises stress, displacement, and safety factor, and the material used is only AISI 1015 carbon steel. The method used in the analysis is analytical calculations with Finite Element Analysis (FEA) simulations. There are variations in mass originating from dry sand weighing 48.6 Kg, dry gravel weighing 51.3 Kg, and clay weighing 61.2 Kg along with an excavator weighing 1217.8 Kg. From the autodesk inventor simulation test, it can be concluded that the largest von Mises stress from the pressure variation is 89.53 MPa and the smallest von Mises stress from the pressure variation 88.64 MPa. The largest displacement is from the pressure variation of 89.53 MPa and the smallest displacement is from the pressure variation of 88.64 MPa. In the safety factor, the largest value from the pressure variation is 88.64 MPa and the smallest value from the pressure variation is 89.53 MPa. Based on the simulation results, it can be said that the design with AISI 1015 carbon steel material, the von Mises stress does not exceed the yield limit, the displacement is not large, still below 1 mm, but the safety factor is still within the dynamic load limit and is safe.*

Keywords: *Track roller, Tegangan von mises, Displacement, Safety factor, Carbon steel AISI 1015, Finite Element Analysis (FEA), Pressure*

Abstrak: *Track roller memiliki fungsi sebagai penahan beban excavator terhadap track link, berat seluruh komponen excavator bertumpu pada track roller terhadap track line. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil simulasi tegangan von mises, displacement, dan safety factor pada variasi pressure 88,64 MPa, 88,83 MPa, dan 89,53 MPa. Dalam penelitian ini memiliki batasan proses desain track roller dengan menggunakan software autodesk inventor, proses simulasi analisis perhitungan menggunakan software autodesk inventor, pada simulasi track roller hanya menentukan tegangan von mises, displacement, dan safety factor, dan material yang digunakan hanya carbon steel AISI 1015. Metode yang digunakan dalam analisis tersebut adalah perhitungan analitik dengan simulasi Finite Element Analysis (FEA). Terdapat variasi massa yang berasal dari pasir kering dengan berat 48,6 Kg, kerikil kering dengan berat 51,3 Kg, dan tanah liat dengan berat 61,2 Kg beserta bobot excavator sebesar 1217,8 Kg. Dari pengujian dengan simulasi autodesk inventor dapat disimpulkan bahwa tegangan von mises terbesar dari variasi pressure 89,53 MPa dan tegangan von mises terkecil dari variasi pressure 88,64 MPa. Pada displacement yang paling besar dari variasi pressure 89,53 MPa dengan dan displacement yang paling kecil dari variasi pressure 88,64 MPa. Pada safety factor nilai terbesar dari variasi pressure 88,64 MPa dan nilai terkecil dari variasi pressure 89,53 MPa. Berdasarkan hasil simulasi dapat dikatakan desain dengan material carbon steel AISI 1015 tegangan von mises tidak sampai melebihi batas luluh, displacement tidak besar masih dibawah 1 mm, tetapi safety factor masih sesuai batas beban dinamis dan aman.*

Kata kunci: *Track roller*, Tegangan *von mises*, *Displacement*, *Safety factor*, *Carbon steel AISI 1015*, *Finite Element Analysis (FEA)*, *Pressure*

PENDAHULUAN

Dalam pertambangan atau pekerjaan berat lainnya, dibutuhkan kendaraan alat berat, seperti *excavator* atau *bulldozer* akan tetapi dalam pemukiman pedudukan yang penuh juga memerlukan alat berat yang berukuran kecil atau prototipe untuk membantu pekerjaan umum masyarakat seperti membersihkan saluran air dari lumpur, membersihkan rumput liar, dan mengangkat material berat dalam gang yang sempit. Pada kendaraan berat terdapat satuan sistem komponen yaitu bagian *undercarriage*. *Undercarriage* adalah bagian dari alat berat seperti *excavator* dan *bulldozer* yang bersinggungan dengan tanah atau *ground* dan juga sebagai bagian penggerak dari alat berat.

Dalam pekerjaannya, perlu banyak perhitungan dalam merancang sistem *undercarriage*. Sesuatu yang paling awal dihadapi pada *undercarriage* adalah hambatan dari tektur jalan atau *ground* yang bersinggungan dengan *undercarriage*. *Part-part* dari *undercarriage* bila tidak bersinggungan langsung dengan *ground* tidak memiliki efektifitas yang jelas. Singgungan *undercarriage* ke tanah pun tidak keseluruhan mengalami kemulusan. *Track* atau *wheel* yang berputar dan menyentuh tanah menciptakan efek gesekan. Gesekan ini akan menimbulkan bermacam-macam efek, seperti keausan sampai pembentukan panas [1].

Sistem *undercarriage* terdiri dari beberapa komponen yang saling berhubungan seperti *track link*, *carrier roller*, dan *track roller*, dalam sistemnya *track link* melakukan putaran dan ketika *track link* berputar maka *track link* akan ditumpu pada *track roller* yang juga berputar mengikuti putaran dari *track link*. Pada saat *track roller* dan *track link* saling bekerja akan terjadi gesekan karena gerakan putaran antara *track link* dengan *track roller* [1].

Track roller yang dipasang di bawah *track frame* yang saling berjajar memiliki fungsi sebagai penahan beban *excavator* terhadap *track link*, pada saat *track link* bekerja, maka berat *track link* akan bertumpu pada *carrier roller* sedangkan berat seluruh komponen *excavator* bertumpu pada *track roller* terhadap *track line* [2].

METODE

Track roller sebagai roda yang terbuat dari baja, yang dikait atau ditumpu pada bagian bawah dari *track frame*, memiliki fungsi sebagai meneruskan bobot unit sampai *track* dan berperan menjadi pemberi arah *track link*, bukan sebagai pengguling *track*. Selain berfungsi sebagai pendukung beban unit, *track roller* juga seringkali berfungsi sebagai komponen yang pertama kali menyerap kejutan. *Track roller* memiliki dua tipe yang berbeda, yaitu *single flange* dan *double flange*. Dua tipe atau jenis *track roller* tersebut dipasang dengan susunan tertentu pada masing-masing *track* pada *crawler tractor*. Panjang *track* sangat mempengaruhi jumlah *track roller* yang dipasang pada suatu *undercarriage*, makin panjangnya *track*, maka makin bertambah juga susunan *track roller* yang terpasang. Fungsi utama *flange track roller* adalah untuk mengarahkan *track link* untuk mencegah adanya pergerakan zig-zag ke kiri atau kanan. Sedangkan keunggulan *double flange* adalah mampu mengarahkan *track link* lebih baik dibandingkan yang *single flange*. *Single flange* kebanyakan dipakai pada unit *excavator* kecil. Untuk unit *excavator* besar biasanya menggunakan paduan antara *single* dan *double flange* [3].

Simulasi

Simulasi bisa dinyatakan sebagai proses rekayasa atau imajinasi. Simulasi merupakan proses dari suatu operasi, simulasi diaplikasikan melalui komputer. Pengerjaan dari simulasi secara garis besar menggambarkan sifat-sifat karakteristik benda dari perlakuan kumpulan fisik atau kumpulan yang sangat abstrak. Teknik simulasi adalah suatu ilmu dalam bidang teknik yang berguna untuk mempresentasikan suatu realisasi dalam bentuk angka dan simbol melalui komputerisasi, agar simulasi dapat dipahami dengan mudah. Simulasi dilakukan sebelum alat atau benda dibuat atau diproduksi, mengurangi kemungkinan kegagalan, menghilangkan kerusakan yang tidak diinginkan, mencegah penggunaan sumber daya yang berlebihan, mengurangi biaya produksi, dan mengoptimalkan

sistem kerja pada objek atau produksi yang dilakukan. Jadi simulasi bisa disimpulkan yaitu suatu program yang dibangun dengan model matematis berdasarkan sistem aslinya.

Beban

Untuk Menentukan terjadinya kegagalan suatu elemen atau suatu struktur, para *engineer* harus mempertimbangan tegangan, regangan, dan kekuatan pada bagian yang kritis. Untuk Menentukan bagian kritis dan pembebanan kritis, para *engineer* harus mempertimbangkan beban eksternal yang diaplikasikan pada mesin, menentukan bagian kritis, dan mendeskripsikan beban yang diterima pada bagian kritis. Secara keseluruhan, bagian kritis akan terjadi pada titik dimana bentuk geometrisnya tidak sama, contoh seperti pada perubahan bentuk di sebuah poros yang sudah di *fillet*, juga pada titik dimana beban diaplikasikan atau ditransmisikan juga memungkinkan terjadinya bagian kritis. Sehingga titik –titik tersebut membutuh analisis lebih lanjut [4].

Pembebanan untuk *track roller* adalah *cyclic load* atau beban berputar dimana beban tersebut berputar sesuai putaran pada permukaan *flange* untuk besarnya beban pada *track roller* terdiri dari material angkut pada *bucket* dan *bobot excavator* itu sendiri.

$$W = KB \times BD \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- KB* : Kapasitas *Bucket* (m³)
- BD* : Berat Jenis Material (kg/m³)

Metode penelitian adalah cara yang sistematis, logis, dan empiris untuk menemukan, mengembangkan, atau menguji fakta dengan menggunakan metode ilmiah [5]. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Universitas Pamulang dengan kondisi *software* komputer yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk memperoleh hasil dan analisis yang diperlukan. Langkah-langkah simulasi pada penelitian ini terdiri dari studi literatur, pengumpulan data pendukung, penelitian, perhitungan data, dan analisis hasil dan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam merancang alat maka perlu dilakukan simulasi, simulasi merupakan alat untuk memvalidasi sebelum rancangan tersebut direalisasikan. Melalui simulasi ini, perancangan alat tidak perlu membuat konstruksi nyata untuk melakukan pengambilan data untuk mengetahui bahwa konstruksi itu aman untuk digunakan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai efektifitas dan efisiensi sebuah alat yang dirancang sehingga nantinya hasil rancangan dari simulasi ke prototipe dan diaplikasi dalam industri kecil dan menengah dengan rancangan yang aman, efektif, dan efisien.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai tegangan *von mises*, *displacement* dan *safety factor* dari variasi *pressure* yang diberi pada komponen *track roller* dari dua metode perhitungan yaitu dengan hasil simulasi *software* autodesk inventor dan perhitungan matematis manual dengan selisih yang hampir mendekati sama.

Tabel 1. Hasil Analisis Simulasi Autodesk Inventor

Hasil Analisis	<i>Pressure</i> 88,64 MPa	<i>Pressure</i> 88,83 MPa	<i>Pressure</i> 89,53 MPa
σ_{vm}	172,9 Mpa	173,3 Mpa	174,7 Mpa
Δ	0,0007115 mm	0,000713 mm	0,0007186 mm
<i>SF</i>	2,02 ul	2,02 ul	2 ul

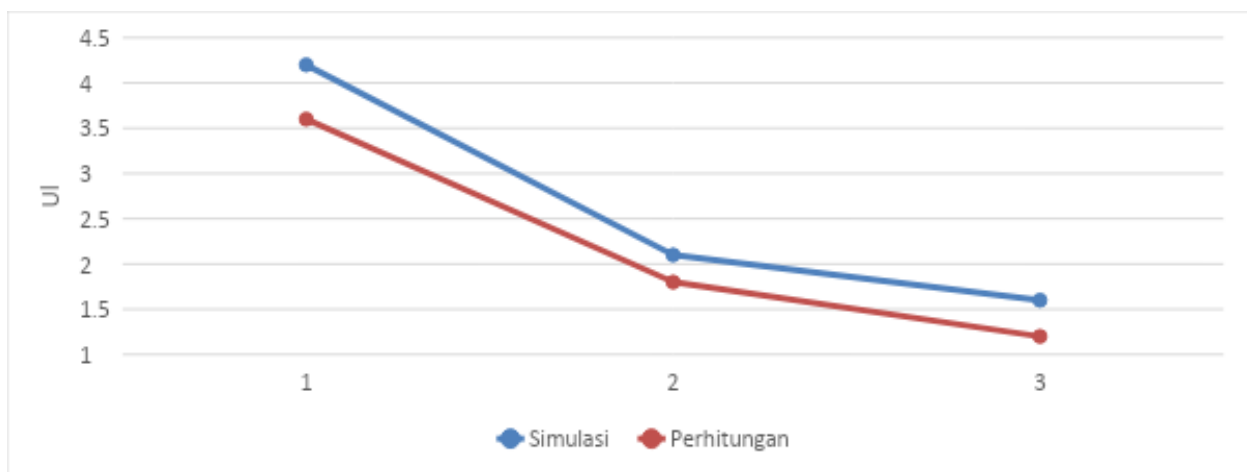
Tabel 1. Hasil Perhitungan Matematis Manual

Hasil Analisis	<i>Pressure</i> 88,64 MPa	<i>Pressure</i> 88,83 MPa	<i>Pressure</i> 89,53 MPa
σ_{vm}	172,9 Mpa	173,3 Mpa	174,7 Mpa
Δ	0,0006493 mm	0,0006527 mm	0,000659 mm
<i>SF</i>	2,02 ul	2,01 ul	2 ul

Hasil simulasi *analysis stress* dari *software* autodesk inventor dengan salah satu komponen *excavator* prototipe yaitu *track roller* dengan material *steel carbon* AISI 1015 dengan variasi *pressure* sebesar 88,64 MPa, 88,83 MPa, dan 89,53 MPa. Didapatkan nilai maksimal tegangan von mises dari tiap variasi *pressure* yang sebesar 172,9 MPa, 173,3 MPa, dan 174,7 MPa dan perhitungan matematis manual yang selisihnya tidak jauh berbeda, yang berarti tegangan *von mises* masih di bawah batas kekuatan luluh material (*yield strength*) sehingga tidak mengalami getas atau patah.

Setelah itu diketahui hasil nilai maksimum *displacement* dari tiap variasi *pressure* senilai 0,0007115 mm, 0,000713 mm, dan 0,0007186 mm dan nilai *displacement* secara perhitungan matematis manual sebesar 0,0006493 mm, 0,0006527 mm, dan 0,000659 mm sehingga tidak mengalami keausan dan perubahan bentuk yang berlebihan pada *track roller*.

Terakhir, diketahui nilai minimum *safety factor* dari tiap variasi *pressure* yang sesuai batas kriteria *safety factor* beban dinamis, yaitu sebesar 2,02 ul, 2,02 ul, dan 2 ul dan dalam perhitungan matematis manual sebesar 2,02 ul, 2,01 ul, dan 2 ul sehingga *track roller* dapat menahan beban dinamis dan aman.



Gambar 1. Grafik Rekap Hasil *Safety Factor*

Berdasarkan grafik pada Gambar 1, terdapat komparasi antara hasil simulasi *safety factor* dengan inventor profesional 2017 dan perhitungan menurut rumus teori. Garis biru menunjukkan hasil analisa dengan inventor dan pada garis merah menunjukkan hasil perhitungan rumus teori. Kedua garis histogram menunjukkan hasil nonlinier karena simulasi dan perhitungan menggunakan parameter input yang sama, tetapi karena hasil *von Mises* dari kedua pengujian berbeda, hal ini mempengaruhi nilai *safety factor*.

Pembahasan Hasil Simulasi

Penelitian ini tidak hanya mengambil data hasil simulasi dengan metode analisis elemen hingga/*Finite Element Analysis*, tetapi juga membandingkan hasil simulasi dengan perhitungan teoritis dan dirangkum dalam bentuk tabel dan grafik. Berdasarkan komparasi antara analisis *von Mises* dengan perhitungan teoritis terdapat perbedaan nilai, dalam hal ini analisis FEA menggunakan *software* Inventor lebih akurat karena parameter input yang lebih kompleks.

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan teoritis, didapatkan perbandingan antara *von mises stress*, *displacement* dan *safety factor* dengan perubahan beban yang sama yaitu 400 kg, 800 kg dan 1200 kg. Hasil berikut dapat diperoleh:

Von Mises

Berdasarkan variasi beban 400 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menghasilkan nilai tegangan *von mises* dengan besar 180,35 Mpa, sedangkan dengan perhitungan teoritis dihasilkan nilai tegangan dengan besar 216,21 Mpa. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa variasi beban 400 kg menghasilkan tegangan dengan nilai paling rendah.

Berdasarkan variasi beban 800 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menghasilkan nilai tegangan *von mises* dengan besar 360,54 Mpa, sedangkan dengan perhitungan teoritis dihasilkan nilai tegangan dengan besar 432,42 Mpa. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa variasi beban 800 kg menghasilkan tegangan dengan nilai yang sedang.

Berdasarkan variasi beban 1200 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menghasilkan nilai tegangan *von mises* dengan besar 450,71 Mpa, sedangkan dengan perhitungan teoritis dihasilkan nilai tegangan dengan besar 648,63 Mpa. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa variasi beban 1200 kg menghasilkan tegangan dengan nilai paling tinggi.

Displacement

Berdasarkan variasi beban 400 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menghasilkan nilai *displacement* dengan besar 0,2603 mm. Kemudian, berdasarkan variasi beban 800 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* juga menghasilkan nilai *displacement* dengan besar 0,2603 mm. Terakhir, berdasarkan variasi beban 1200 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menghasilkan nilai *displacement* yang berbeda dari kedua variasi beban sebelumnya, yaitu 0,5203 mm.

Safety Factor

Berdasarkan variasi beban 400 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menghasilkan nilai *safety factor* dengan besar 4,2, sedangkan dengan perhitungan teoritis dihasilkan nilai tegangan dengan besar 3,6. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa variasi beban 400 kg masuk kategori “masih aman”.

Berdasarkan variasi beban 800 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menghasilkan nilai *safety factor* dengan besar 2,1, sedangkan dengan perhitungan teoritis dihasilkan nilai tegangan dengan besar 1,8. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa variasi beban 800 kg masuk kategori “tidak direkomendasikan”.

Berdasarkan variasi beban 1200 kg, pegas daun yang dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menghasilkan nilai *safety factor* dengan besar 1,6, sedangkan dengan perhitungan teoritis dihasilkan nilai tegangan dengan besar 1,2. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa variasi beban 1200 kg masuk kategori “sangat tidak direkomendasikan”.

KESIMPULAN

1. Tegangan *von mises* yang dihasilkan pada setiap variasi *pressure* pada desain *track roller* tidak jauh berbeda dan tidak melebihi dari *yield strength* atau batas luluh dari material yang digunakan sehingga tidak getas pada variasi beban yang digunakan.
2. *Displacement* yang dihasilkan pada setiap variasi *pressure* pada desain *track roller* tidak mengalami perubahan yang signifikan. Secara keseluruhan hasil *displacement* yang terjadi masih kecil, yaitu kurang dari 1 mm.
3. *Safety factor* yang dihasilkan pada setiap *pressure* pada desain *track roller* mencapai batas beban dinamis yaitu 2 ul dan mencapai batas beban dinamis sehingga desain pada variasi *pressure* tersebut aman dalam beban yang nilainya fluktuatif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Antoni and S. Putro, “Studi Cara Kerja Komponen Undercarriage Excavator,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [2] Suradi and M. Adhe, “Analisis Track Roller Dan Carrier Roller Excavator PC-200LC,” Universitas Sanata Dharma, 2020.
- [3] P. U. Tractors, “Basic Mechanic Course Final Drive & Undercarriage,” 2011.
- [4] S. A. B. Alchazin, “Perhitungan Ekuivalen Stress Rangka Utama Sepeda Lipat ‘Student Version’ Menggunakan Strain Gage Dengan Kombinasi Konfigurasi 2-GAGE dan 4-GAGE,” Universitas Indonesia, 2010.
- [5] A. Malik, *Metodologi Penelitian: Metodologi Penelitian Skripsi*. Yogyakarta: Rake Sarasin, 2017.