

Topologi Optimalisasi Dan Analisa Perancangan Lifting Hook

*Muhammad Hasan¹, Irfan Santosa², Agus Wibowo³, Ahmad Farid⁴, M. Agus shidik⁵, Hadi Wibowo⁶

^{1,2,3}) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 7 Desember 2022

DIREVISI : 7 Januari 2023

DISETUJUI : 7 Februari 2023

*KORESPONDENSI PENULIS :
hidayatroyan90@gmail.com

Abstract

In this research, the lifting hook has been redesigned with topology optimization and fatigue analysis has been carried out. With the density-based method, volume minimization can be achieved. All processes have been realized with the help of the finite element method implemented in commercial software. The standard lifting latch model has been used in the process. After optimization, the standard lifting latch was renovated with Solidwork software. Then the new model is analyzed. This process was repeated for three different models. Based on the results obtained, the topology optimization carried out within the scope of the study shows that it is possible to redesign the lifting hook with reduced weight and at the same time meet the required strength properties.

Keywords: Topology, Lifting Hook, Solidwork

Abstrak

Pada penelitian ini, kait pengangkat telah didesain ulang dengan optimasi topologi dan telah dilakukan analisis kelelahan. Dengan metode berbasis kepadatan, dapat dicapai minimalisasi volume. Semua proses telah direalisasikan dengan bantuan metode elemen hingga yang diimplementasikan dalam perangkat lunak komersial. Model kait pengangkat standar telah digunakan dalam proses tersebut. Setelah pengoptimalan, kait pengangkat standar direnovasi dengan perangkat lunak Solidwork. Kemudian model baru dianalisis. Proses ini telah diulang untuk tiga model yang berbeda. Berdasarkan hasil yang diperoleh, pengoptimalan topologi yang dilakukan dalam ruang lingkup studi menunjukkan bahwa adalah mungkin untuk mendesain ulang kait pengangkat dengan bobot yang berkurang dan pada saat yang sama memenuhi sifat kekuatan yang dibutuhkan.

Kata Kunci: Topologi, Lifting Hook, Solidwork

I. PENDAHULUAN

Rekayasa adalah serangkaian proses penelitian dan pengembangan termasuk desain, analisis, dan produksi. Dalam banyak proses ini, ada tantangan tertentu yang perlu diatasi. Masalah-masalah ini dapat berbeda satu sama lain dalam beberapa aspek. Ada juga banyak alat teknik yang memecahkan masalah khusus yang dihadapi dan meningkatkan hasilnya. Pemanfaatan metode optimisasi topologi adalah salah satu alat ini, yang membantu para insinyur untuk mencapai beberapa tujuan rekayasa pada masalah tertentu [Arora (2017)]. Salah satu bidang masalah di mana modifikasi topologi digunakan adalah pengurangan berat dalam desain mekanik.

Kait umumnya digunakan di lokasi konstruksi, pusat transportasi untuk mengangkat dan menempatkan benda berat. Kait ini bervariasi dalam membawa bobot yang berbeda. Dengan bertambahnya kapasitas beban sebuah hook pengangkat, dimensinya menjadi lebih besar dan bobotnya juga lebih berat. Bobot yang bertambah akan menghabiskan banyak bahan dan uang bagi pabrik. Itu sebabnya diperlukan desain alternatif. Ada beberapa studi penting dalam literatur. Misalnya, analisis kait berbasis tekanan dengan penampang berbeda telah dilakukan oleh Bundela dan Shrivistaya (2017). Dalam

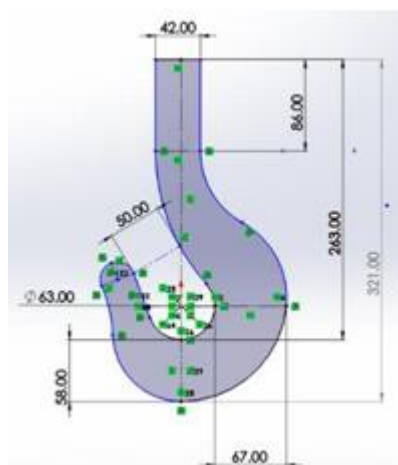
penelitian lain yang dilakukan oleh Tigabey (2018), analisis kelelahan model yang berbeda untuk kait pengangkat telah dilakukan. Maneengam et al. (2017) menyelidiki optimalisasi dimensi dari hook pengangkat. Dalam studi ini, pendekatan optimisasi berbasis tekanan yang mirip dengan model sebelumnya yang dihasilkan oleh Solanki et al. (2015) telah digunakan. Ada juga beberapa studi yang mendapat manfaat dari optimasi topologi secara langsung. Misalnya, Hajare dan Jadhav (2020) melakukan optimalisasi topologi dari pengait laminasi. Dalam penelitian tersebut, hanya tegangan ekuivalen dan deformasi kail yang diselidiki secara numerik dan juga secara eksperimental. Optimasi topologi forging hook juga telah diteliti oleh Thejomurthy dan Ramakrishn (2018). hanya tegangan ekuivalen dan deformasi kait yang diselidiki secara numerik dan juga secara eksperimental. Optimasi topologi forging hook juga telah diteliti oleh Thejomurthy dan Ramakrishn (2018). hanya tegangan ekuivalen dan deformasi kait yang diselidiki secara numerik dan juga secara eksperimental. Optimasi topologi forging hook juga telah diteliti oleh Thejomurthy dan Ramakrishn (2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji dan membuat perbandingan berbagai model yang dioptimalkan sehubungan dengan umur lelah, kekuatan, dan juga beratnya.

Untuk tujuan ini, analisis tegangan kait pengangkat dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga untuk berbagai bentuk yang dioptimalkan. Berdasarkan kondisi tegangan yang diprediksi, analisis umur kelelahan dilakukan. Hasil penelitian ini akan memberikan beberapa panduan kepada perancang dalam merancang kait pengangkat.

II. MODEL SIMULASI

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah hook standar DIN 15401-2.5. Sifat dan dimensi geometris – menurut standar DIN 15401-2.5 – ditunjukkan pada Gambar 1. Kapasitas muatan maksimal 5 ton.

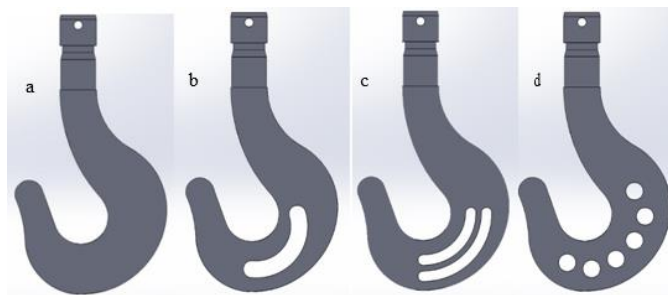


Gambar 1. Model

Dalam simulasi digunakan material “Cast Carbon Steel” yang tersedia di basis data material perangkat lunak Solidwork. Analisis statis telah dilakukan dengan beban 5 ton -yang kira-kira setara dengan 49050 N-beban dan analisis kelelahan model pengait standar telah dicapai melalui Solidwork 2018.

Dalam model elemen hingga, semua perpindahan dan rotasi derajat kebebasan node pada permukaan atas hook telah diperbaiki. Semua derajat kebebasan di ujung bawah pengait juga telah diperbaiki kecuali arah pemuatan. Beban tarik diterapkan dalam bidang ke kait. Pembebanan siklik telah diterapkan dalam dua langkah beban. Pertama, beban telah dinaikkan secara bertahap ke nilai maksimumnya – yaitu 50000 N-, dan keadaan tegangan yang dihasilkan telah diperoleh.

Kemudian optimasi topologi dari model kait standar dan analisis kelelahan model baru dilakukan. Gambar 2 menunjukkan model pengait standar yang dipertimbangkan dan juga model yang dioptimalkan.



Gambar 2. (a) model kait standar; (b) model pertama yang dioptimalkan; (c) model kedua yang dioptimalkan; (d) model ketiga yang dioptimalkan.

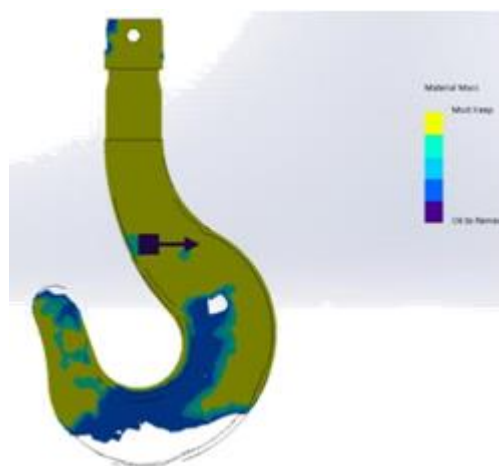
Tabel 1 berisi nilai yang diperoleh setelah langkah pembebanan pertama yang dapat diterima sebagai analisis statis. Gambar 3, di sisi lain, menunjukkan hasil optimalisasi topologi dari hook yang dipertimbangkan.

Tabel 1. Hasil analisis statis.

Nama	Weight	Von Mises Stress	Equivalent Strain	Total Deformation
Model	(kg)	[N/m ²]		[mm]
Standar	617.549	9,88E+11	3,63E+00	2,76E+03
Pertama	559.546	9,35E+11	3,75E+00	3,03E+03
Kedua	551.106	8,69E+11	3,47E+00	3,06E+03
Ketiga	567.517	9,44E+11	3,63E+00	2,83E+03

III. HASIL

Dalam analisis kelelahan, faktor umur, kerusakan, dan keamanan diperoleh baik untuk model standar maupun model yang dioptimalkan. Dalam analisis umur kelelahan, pendekatan berbasis stres digunakan untuk semua kasus. Karena umur kelelahan minimum dari model standar telah ditemukan sebanyak 500000 siklus (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4), nilai umur tersebut dipilih sebagai kriteria desain untuk model lainnya.



Gambar 3. Optimasi Topologi Hook

Dalam analisis kerusakan, definisi kerusakan langsung digunakan. Oleh karena itu kontur kerusakan (ditunjukkan pada Gambar 5, 8, 11, dan 14) diperoleh dengan memperhitungkan umur desain yang dipilih sebelumnya yaitu 500000 siklus dalam kasus kami. Pada gambar tersebut, nilai yang lebih besar dari satu menunjukkan bahwa akan terjadi kerusakan, jika tidak struktur akan aman. Dengan kata lain, jika nilai kerusakan maksimum lebih besar dari satu maka kerusakan akan terjadi sebelum mencapai umur rencana. Kalau tidak, strukturnya akan aman.

Karena bahan yang dimaksud adalah baja struktural isotropik, dalam perhitungan keselamatan, nilai tegangan setara Von-mises dihitung dan rasio kekuatan luluh terhadap tegangan setara diambil sebagai faktor keamanan. Nilai faktor keamanan kurang dari satu berarti lagi bahwa kerusakan akan terjadi sebelum mencapai umur rencana yang ditentukan. Kalau tidak, strukturnya akan aman. Dengan meningkatnya faktor keamanan, keandalan struktur akan meningkat.

A. Analisis kelelahan model standar

Gambar 4, 5, dan 6 masing-masing menunjukkan kerusakan, usia kelelahan dan faktor keamanan dari model standar. Tegangan tinggi berkembang di daerah permukaan bagian dalam kait yang dekat dengan permukaan lengkung bagian dalam karena konsentrasi tegangan seperti yang diharapkan. Tegangan maksimum berkembang di dekat permukaan bagian dalam kait.

B. Analisis kelelahan model pertama yang dioptimalkan

Tabel 1 menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan berat, dan nilai tegangan, serta peningkatan pada nilai regangan dan total deformasi pada kait. Tabel 2 menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan pada umur minimum, dan faktor keamanan minimum, serta penurunan pada nilai kerusakan maksimum.

Gambar 7, 8, dan 9 masing-masing menunjukkan usia kelelahan, faktor keamanan, dan kerusakan dari model pertama yang dioptimalkan. Tegangan tinggi kembali berkembang di daerah permukaan bagian dalam kait yang dekat dengan permukaan lengkung bagian dalam karena konsentrasi tegangan. Tegangan maksimum berkembang di dekat permukaan bagian dalam kait.

C. Analisis kelelahan model kedua yang dioptimalkan

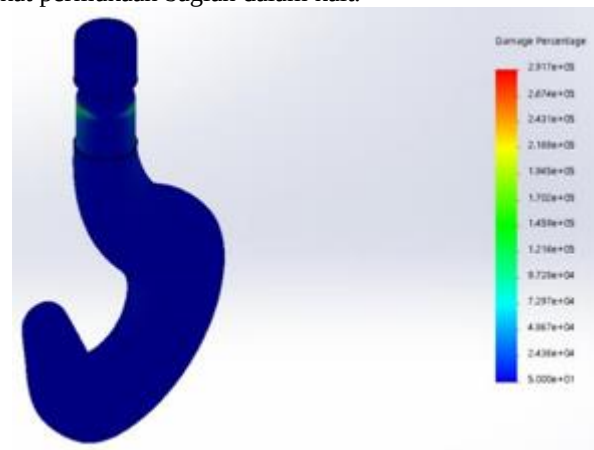
D.

Tabel 1 menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan berat, dan nilai tegangan, serta peningkatan total deformasi pada kait.

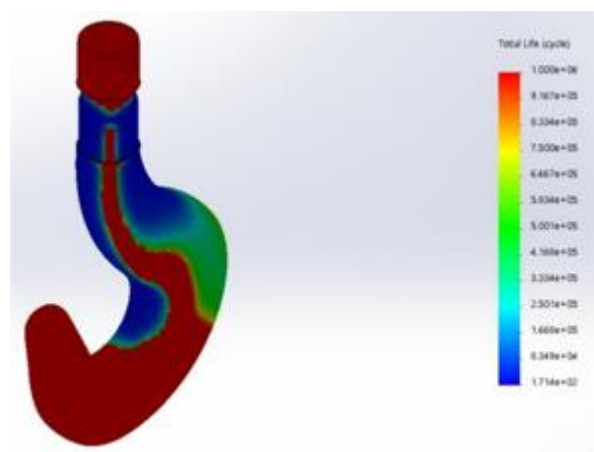
Tabel 2 menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan pada umur minimum, dan faktor keamanan minimum, serta penurunan pada nilai kerusakan maksimum.

Gambar 10, 11, dan 12 masing-masing menunjukkan kerusakan, usia kelelahan dan faktor keamanan dari model yang dioptimalkan pertama. Tegangan tinggi kembali

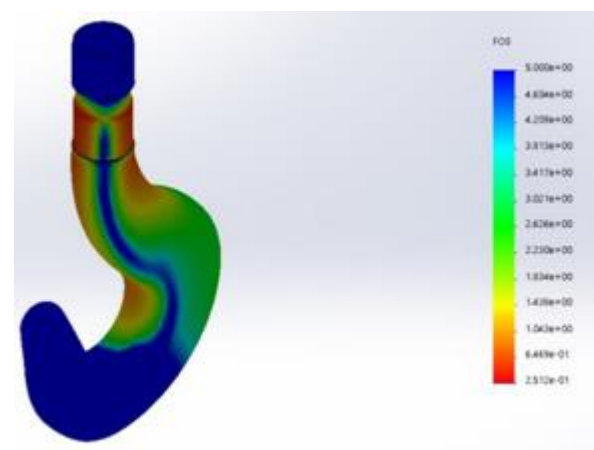
berkembang di daerah permukaan bagian dalam kait yang dekat dengan permukaan lengkung bagian dalam karena konsentrasi tegangan. Tegangan maksimum berkembang di dekat permukaan bagian dalam kait.



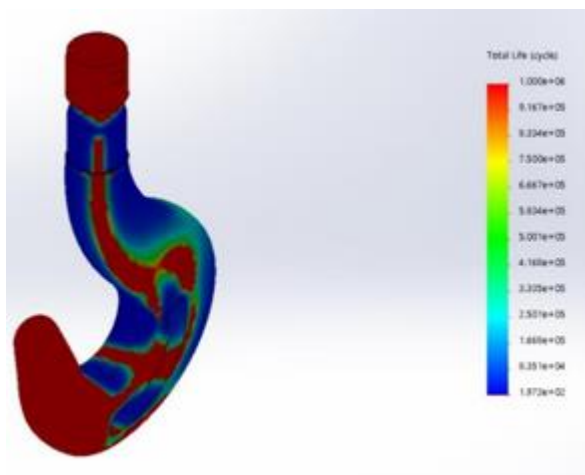
Gambar 4. *Damage of the standard model*



Gambar 5. *Fatigue life of the standard model*



Gambar 6. *Safety factor of the standard model*

Gambar 7. *Fatigue life of the first*

E. Analisis kelelahan model ketiga yang dioptimalkan

Tabel 1 menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan berat, dan nilai tegangan, serta peningkatan total deformasi pada kait.

Tabel 2 menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan pada umur minimum, dan faktor keamanan minimum, serta penurunan pada nilai kerusakan maksimum. Gambar 13, 14, dan 15 masing-masing menunjukkan usia kelelahan, faktor keamanan, dan kerusakan dari model yang dioptimalkan ketiga. Tegangan tinggi kembali berkembang di daerah permukaan bagian dalam kait yang dekat dengan permukaan lengkung bagian dalam karena konsentrasi tegangan. Tegangan maksimum berkembang di dekat permukaan bagian dalam kait.

Perbandingan antar model dalam hal umur kelelahan, faktor keamanan dan kerusakan dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan desain alternatif.

Nama model	Berat (kg)	Umur minimum [Siklus]	Faktor Keamanan Minimal	Kerusakan
Standar	617.549	1,71E+05	2,51E+02	2,92E+08
Pertama	559.546	1,97E+05	2,66E+02	2,54E+08
Kedua	551.106	2,33E+05	2,86E+02	2,14E+08
Ketiga	567.517	1,94E+05	2,63E+02	2,58E+08

IV. KESIMPULAN

Umur kelelahan, kerusakan, faktor keamanan, tegangan maksimum, deformasi, dan juga bobot model pengait standar diselidiki untuk semua model alternatif yang dirancang dalam ruang lingkup penelitian ini. Berdasarkan pembahasan pada bagian sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Analisis numerik menunjukkan bahwa jumlah siklus kegagalan berubah tergantung pada geometri hook.
- Diantara penelitian tersebut, model yang paling tepat adalah model ketiga. Itu tidak terlalu berbeda dari model aslinya. Misalnya, selain umur kelelahan, kerusakan, dan faktor keamanan; tegangan ekuivalen, dan juga deformasi total kira-kira sama untuk model standar dan model ketiga yang dioptimalkan. Model lain (yaitu, model pertama dan kedua) tidak sesuai setidaknya untuk beban 5 ton - yang kira-kira sama dengan beban 49050 N yang dipertimbangkan dalam penelitian ini.
- Model ketiga yang dioptimalkan memiliki umur kelelahan yang mirip dengan model sebenarnya. Namun, bobotnya 500 gram lebih ringan dari model standar yang merupakan keuntungan besar dari segi ekonomis. Ini juga penting dalam hal peraturan lingkungan.
- Untuk menghilangkan konsentrasi tegangan dan juga meningkatkan umur lelah dari sebuah hook, geometri yang dioptimalkan harus digunakan. Mempertimbangkan empat model yang berbeda dalam penelitian ini, geometri dari model ketiga yang dioptimalkan dapat digunakan, yang mana nilai umur kelelahan mendekati model aslinya, tetapi lebih ringan dari model aslinya, yang membuatnya menarik di industri terutama di dari sudut pandang ekonomis.
- Membandingkan umur kelelahan dan juga bobot model, jelas bahwa geometri dan metode yang digunakan - yang merupakan optimasi topologi dalam penelitian ini - memainkan peran penting dalam kekuatan kelelahan kait

REFERENSI

- [1] Arora, JS, 2017. Pengantar Desain Optimal: Pengantar Optimasi Desain. Elsevier Press, New York.
- [2] Bundela, S., Shrivastava, AK, 2017. Desain dan Analisis Tegangan Statis Berbagai Penampang
- [3] Hook. Jurnal Internasional Sains dan Manajemen Teknologi Terkini 2(12), 52-59.
- [4] Standar pengait DIN 15401-2.5.
- [5] Hajare, PR, Jadhav, SM, 2020. Analisis Stres Eksperimental dan Optimalisasi Crane Lifting
- [6] Tackle. Jurnal Riset Internasional Teknik dan Teknologi 7(8), 215-221.
- [7] Maneengam, A., Saisirirat, P., Suwankan, P., 2017. Pembebanan desain kait dengan metode optimasi dengan metode peringkat faktor tertimbang, Konferensi Internasional tentang Energi Alternatif di Negara Berkembang dan Ekonomi Berkembang. Bangkok, Thailand, hlm. 337-342.
- [8] Solanki, M., Bhatt, A., Rathour, A., Thakkar, S., 2015. Optimasi Berat di Crane Hook. Jurnal Teknik Mesin dan Sipil 1(6), 192-196.
- [9] Thejmurthy, MC, Ramakrishna, DS, 2018. Optimasi dan Analisis Topologi Model Crane Hook.
- [10] Jurnal Riset dan Aplikasi Rekayasa 8(9), 60-64.
- [11] Tigabey, S., Optimasi dan Analisis Kelelahan Kait Derek Menggunakan Metode Elemen Hingga. Disertasi Tesis MSc, Addis Ababa University, 2018