
STUDI OPTIMASI TOPOLOGI PADA *FALL BLOCK DECK CRANE* KAPASITAS 30 TON MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Nurul Huda

Program Studi Mekanisasi Perikanan
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong
Email: nurul.huda@polikpsorong.ac.id

Ocid Mursid

Program Studi Teknik Perkapalan
Universitas Diponegoro
Email: ocidmursid@gmail.com

Akhmad Nurfauzi

Program Studi Mekanisasi Perikanan
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong
Email: fauziapsor@gmail.com

Desain *fall block* yang berat akan menambah beban kerja *crane* saat operasi, selain itu juga menambah beban diatas dek kapal yang akan sangat berpengaruh terhadap stabilitas kapal, oleh karena itu perlu dilakukan kajian untuk mengurangi berat *block* sehingga kinerja *crane* lebih optimal untuk mengangkat beban. Optimasi topologi telah sukses dalam beberapa dekade terakhir, metode analisis elemen hingga (FEA) dan studi eksperimental telah dilakukan dalam menyelidiki dan mengoptimalkan struktur lambung kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan desain *fall block* dengan berat yang ringan dengan mempertahankan kekakuan strukturnya. Optimasi topologi dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks Simulation* yang berbasis metode elemen hingga, yang selanjutnya akan dapat dibandingkan perubahan berat desain awal dengan desain hasil optimasi serta perubahan tegangan sebelum dan sesudah dilakukan optimasi. Dari hasil optimasi topologi didapatkan penurunan massa sebesar 15.21 % dengan berat menjadi 338.54 kg. Selain itu tegangan *Von Mises* maksimum pada *fall block* turun 1.24 % menjadi 26.22 MPa. Akibat dari turunya nilai tegangan tersebut membuat nilai safety factor meningkat 1.25 % dari desain awal menjadi 9.53 yang dapat dikatakan nilai tegangan yang terjadi di desain baru masih dinyatakan aman.

Kata kunci: *Fall Block, SolidWorks Simulation, Finite Element Method, Optimasi, Topologi*

ABSTRACT

Fall block design with heavy weight will increase the crane's workload during operation, besides that it will also increase the load on the ship's deck which will greatly affect the stability of the ship, therefore it is necessary to study to reduce the weight of the block so that the crane's performance is more optimal for lifting operation. Topological optimization has been successful in recent decades, finite element analysis (FEA) methods and experimental studies have been carried out in investigating and optimizing the performance of ship hull structure. The purpose of this research is to obtain a fall block design with a light weight while maintaining its structural rigidity. Topology optimization is carried out using a SolidWorks Simulation device based on the finite element method, which will then be able to compare the changes in the initial design weight with the optimization results design as well as the stress changes before and after optimization. From the results of topology optimization, it was found that the mass decrease was 15.21% with the weight being 338.54 kg. In addition, the maximum Von Mises voltage on the fall block fell

1.24% to 26.22 MPa. As a result of the decrease in the value of the stress, the value of the safety factor increased by 1.25% from the initial design to 9.53 which can be said that the stress value that occurs in the new design is still declared safe.

Keywords: Fall Block, SolidWorks Simulation, Finite Element Method, Optimization, Topology

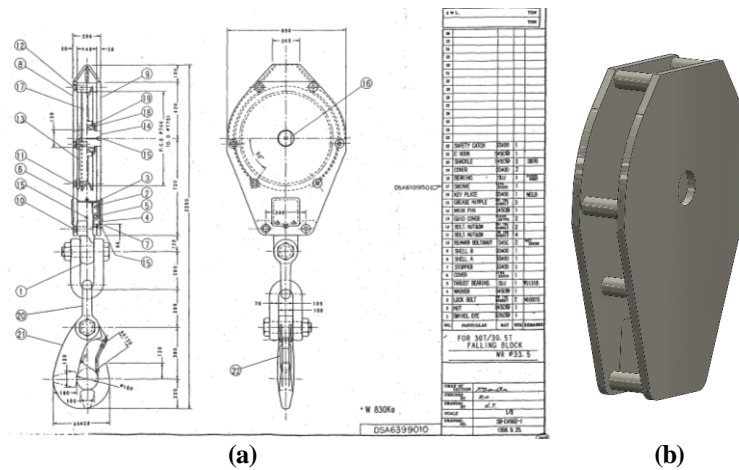
1. PENDAHULUAN

Fall block merupakan komponen *crane* yang dilengkapi dengan *hook* yang dapat digunakan untuk mengantung dan mengangkat beban sesuai titik angkat, sekaligus merupakan rangka yang menutupi satu atau lebih *sheaves* didalamnya [1]. *Fall block* mempunyai dua fungsi dalam proses pengangkatan, fungsi pertama digunakan untuk mengubah arah *wire rope* sedangkan fungsi kedua ketika digunakan secara berpasangan *fall block* mampu meningkatkan kemampuan mekanis dengan memungkinkan penggunaan beberapa tali angkat secara bersamaan. Berat *block* berkisar antara beberapa kilogram hingga ratusan ton. Desain *fall block* yang berat akan menambah beban kerja *crane* saat operasi, selain itu menambah beban diatas dek kapal yang akan mempengaruhi stabilitas kapal, oleh karena itu perlu dilakukan kajian untuk mengurangi berat *block* sehingga kinerja *crane* lebih optimal untuk mengangkat beban. Optimasi topologi telah sukses dalam beberapa dekade terakhir, metode analisis elemen hingga (FEA) dan studi eksperimental telah dilakukan dalam menyelidiki dan mengoptimalkan lambung kapal[2]-[3]. Suryo et. al.[4] melakukan desain dan analisa desain *bucket tooth excavator*, optimalisasi struktur *bucket* dicapai dengan mengganti struktur tipe cakram di sisi tengah drum dengan struktur pendukung tipe lengan. Stoyan et. al [5] melakukan optimalisasi topologi pada rumah *gear reducer*. Songr et. al. [6] melakukan optimasi pada struktur rangka dasar mesin *windlass*, dengan tidak hanya meningkatkan kinerjanya namun juga meningkatkan tujuan untuk mengurangi konsumsi energi. Zhao et. al. [7] menerapkan analisa dengan metode elemen hingga dan studi topologi optimasi pada *blanking press frame* kapasitas 12000KN dengan perangkat lunak *Hypermesh*. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan desain *fall block* dengan berat yang ringan dengan mempertahankan kekakuan strukturnya. Optimasi topologi dilakukan menggunakan perangkat *SolidWorks Simulation* yang berbasis metode elemen hingga, yang selanjutnya akan dapat dibandingkan perubahan berat desain awal dengan desain hasil optimasi serta perubahan tegangan sebelum dan sesudah dilakukan optimasi.

2. Metode Penelitian

Metode dalam penelitian kali ini meliputi pembuatan model tiga dimensi *fall block* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*, pemodelan *fall block* menggunakan metode elemen hingga, analisa linear statis, dan studi optimasi topologi menggunakan perangkat lunak *SolidWorks Simulation*.

Fall block yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan bagian dari *Mitsubishi Hydraulic Deck Crane* dengan kapasitas 30 ton yang terpasang pada kapal MV Panda jenis *bulkcarrier* 34.000 DWT dengan detail desain *fall block* ditunjukkan oleh Gambar 1 (a). Pemodelan tiga dimensi menggunakan program berbasis *Computer Aided Desain* (CAD) yang ditunjukkan oleh Gambar 1 (b). Perangkat lunak 3D CAD yang dipakai untuk memodelkan *fall block* adalah *SolidWorks 3D CAD*.



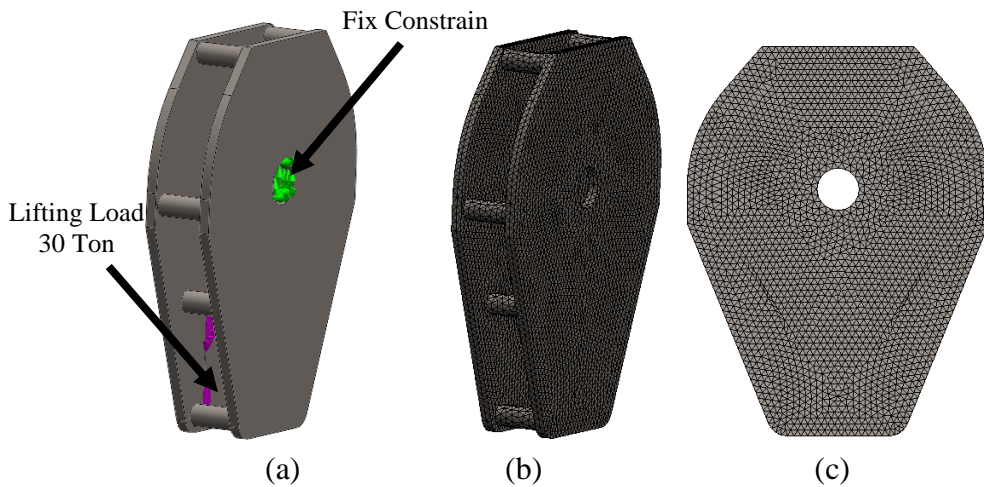
Gambar 1. (a) General Arrangement Fall Block Hydraulic Crane Kapasitas 30 ton (b) Model Tiga Dimensi Fall Block Crane

Material yang dipakai dalam penelitian kali ini yaitu SS400 yang mana sesuai dengan material pabrikan *Crane Mitsubishi*, material SS400 sangat umum dipakai untuk pembuatan struktur dengan pertimbangan kekakuan struktur yang baik dan mudah difabrikasi. Material SS400 memiliki sifat mekanis yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanis material SS400

No.	Sifat Mekanis	Nilai
1.	Modulus Elastisitas	210 GPa
2.	Berat Jenis	7850 kg/m ³
3.	Kuat Luluh	250 MPa
4.	<i>Poisson Ratio</i>	0.26

Analisa metode elemen hingga pada model *fall block* dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks Simulation*. Jenis elemen yang dipakai dalam pemodelan menggunakan elemen *parabolic tetrahedral 3D solid*. Beban angkat pada model elemen hingga diaplikasikan pada area bawah *fall block* dengan arah vertikal bawah sebesar 30 Ton sesuai kapasitas angkat *crane*, tumpuan jepit diaplikasikan pada lubang *sheave pin* yang ditunjukkan oleh Gambar 2 (a). Model elemen hingga desain awal *fall block* terdiri dari 100784 elemen dan 59721 node yang ditunjukkan oleh Gambar 2 (b) dan 2 (c).



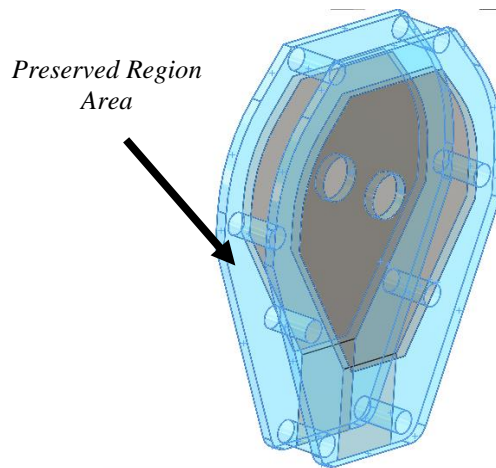
Gambar 2. (a) Kondisi Batas Analisa *Fall Block* (b) Tampak Isometri *Mesh Model Fall Block* (c) Tampak Samping *Mesh Model Fall Block*

Menu analisa *Topology Optimization* di *SolidWorks Simulation* dilengkapi oleh fitur *Goal* yang dapat mengontrol tujuan optimasi dan fitur *Constrain* yang dapat mengatur batasan geometris yang mengendalikan formulasi matematika dari algoritma optimasi[8]. Ketika opsi “*Best Stiffness to Weight ratio*” dipilih, algoritma optimasi akan berusaha untuk mengurangi volume global dari geometri model. Pada penelitian kali ini opsi “*Best Stiffness to Weight ratio*” dipilih dengan kriteria pengurangan 30 % dari berat model sesuai pengaturan bawaan perangkat lunak. Dengan cara ini secara teoritis berat *fall block* berkurang menjadi 279.51 kg (atau sebesar 30 %) dari berat desain awal sebesar 399.30 kg.

Proses optimasi dapat membuat tata letak geometri material yang memenuhi tujuan dan batasan optimasi yang telah ditetapkan. Namun desain *fall block* tidak mungkin dibuat menggunakan teknik manufaktur standar seperti pengecoran dan penempaan, tetapi difabrikasi dengan proses pengelasan menggunakan pelat SS400. Pada perangkat lunak *SolidWorks* memiliki empat fitur kontrol manufaktur[9], yakni sebagai berikut:

- *Preserved Region Property Manager*, fitur ini dapat mengatur bagian mana saja dari suatu model yang dipertahankan atau tidak mengalami pengurangan.
- *De-mold Control Property Manager*, fitur ini dapat mendefinisikan control de-mold untuk memastikan bahwa desain yang telah dioptimasi dapat diproduksi dan dapat dilepas dari cetakan.
- *Symmetry Control Property Manager*, fitur ini dapat menjaga desain yang dioptimasi memiliki geometri yang simetris terhadap bidang tertentu.
- *Thicknes Control Property Manager*, fitur ini dapat menerapkan batasan ukuran pada bagian tertentu model yang dioptimasi.

Fitur kontrol manufaktur *Quarter-Symmetry* dan *Preserved Region* digunakan pada sudi kali ini, bagian yang dipertahankan dengan fitur *preserved region* meliputi area sambungan baut, lubang *pin*, dan area *hook* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.

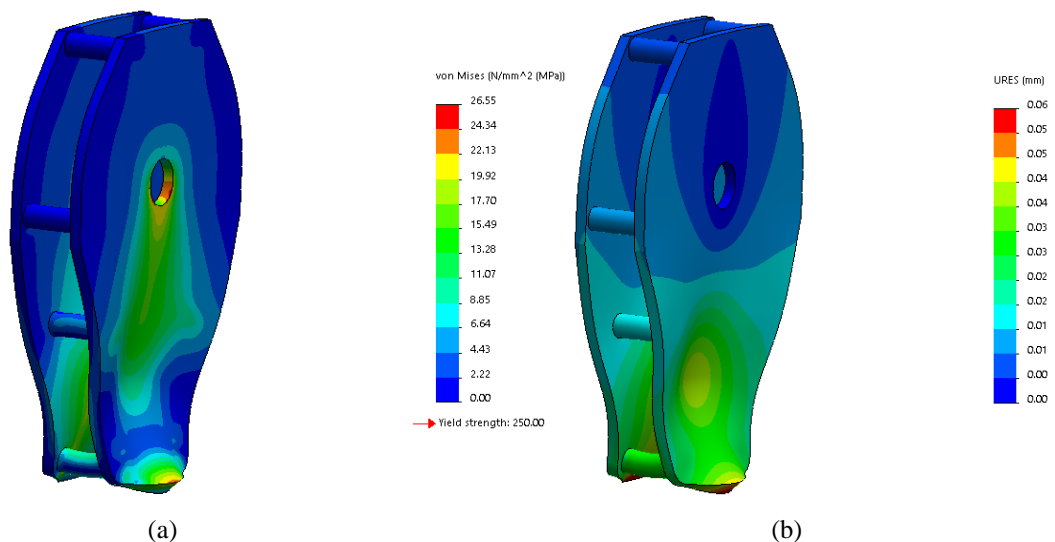


Gambar 3. Bagian *Fall Block* yang Dipertahankan Menggunakan Fitur *Preserved Region*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisa Linear Statis *Fall Block*

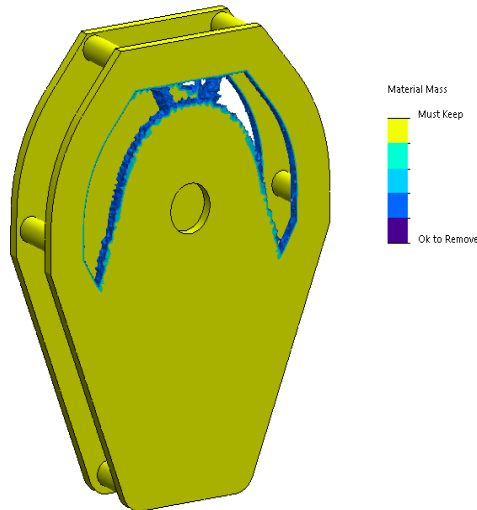
Untuk mengetahui apakah bahan yang digunakan tidak gagal dan dapat dioptimalkan, analisis linear statis dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan *Von Mises* desain yang selanjutnya dibandingkan dengan kriteria kuat luluh material yang telah diterapkan. Hasil analisa linear statis dari *fall block deck crane* diperlihatkan oleh Gambar 4. Berdasarkan hasil simulasi linear statis yang telah dilakukan, nilai tegangan *Von Mises* yang dihasilkan adalah 26.55 MPa masih dibawah ambang batas kuat luluh material SS400 yakni 250 MPa sedangkan deformasi yang terjadi sebesar 0.06 mm.



Gambar 4. (a) Distribusi tegangan *Von Mises* yang terjadi pada desain awal *Fall Block Crane* (b) Deformasi yang terjadi pada desain awal *Fall Block Crane*

3.2 Hasil Optimasi Topologi Fall Block

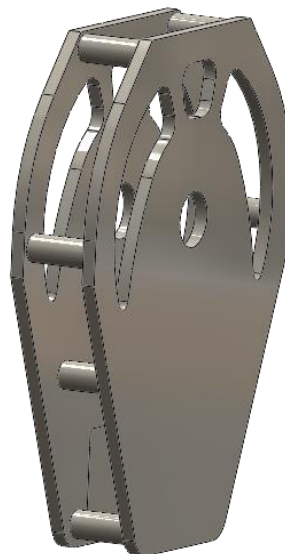
Hasil optimasi *fall block* ditunjukkan oleh Gambar 5 dimana volume material yang berkurang tidak terlalu berpengaruh terhadap gaya yang diterapkan sehingga desain *fall block* hasil optimasi dengan berat yang lebih ringan menghasilkan tegangan yang tidak jauh berbeda.



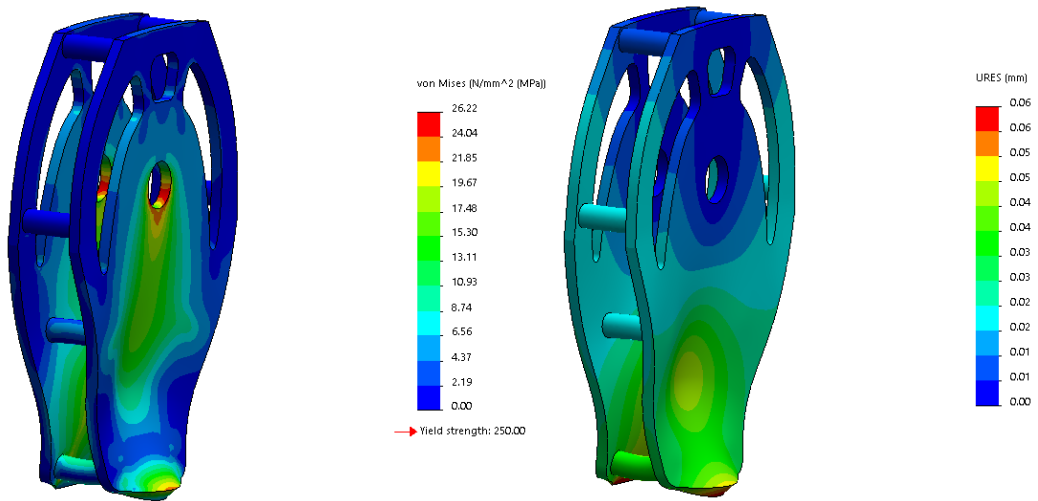
Gambar 5. Hasil optimasi Topologi *Fall Block Crane*

3.3 Analisa Desain *Fall Block* Hasil Optimasi Menggunakan Metode Elemen Hingga

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, geometri hasil topologi optimasi telah dimodelkan ulang menggunakan *SolidWorks*, dan modul *SolidWorks Simulation* yang berbasis FEA telah digunakan untuk mengevaluasi desain *fall block* baru tersebut. Elemen bertipe *3D solid tetrahedral* digunakan dalam pemodelan FEA *fall block*, dengan 49863 elemen dan 85812 node. Hasil Analisa FEA *fall block* menunjukkan nilai tegangan *Von Mises* sebesar 26.22 MPa dan deformasi sebesar 0.06 mm yang ditunjukkan oleh Gambar 7a & 7b.



Gambar 6. Model 3D Desain *Fall Block Deck Crane* Hasil Optimasi



Gambar 7. (a) Distribusi tegangan Von Mises yang terjadi pada desain Fall Block Deck Crane Hasil Optimasi(b) Deformasi yang terjadi pada desain Fall Block Deck Crane Hasil Optimasi

3.4 Pembahasan Hasil Optimasi Topologi Fall Block

Penerapan optimasi topologi pada penelitian ini bertujuan untuk mengubah desain *Fall Block Deck Crane* menjadi desain yang lebih ringan. Cara ini dapat menghasilkan *Fall Block Deck Crane* menjadi desain yang lebih ringan dan optimal. Hal ini ditunjukkan dengan perbandingan hasil optimasi desain antara desain awal dengan desain setelah optimasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan hasil analisa linear statik Fall Block Crane desain awal dan desain baru

	Tegangan (MPa)	Berat (kg)	Deformasi (mm)	Faktor Keamanan
Desain Awal	26.55	399.30	0.06	9,42
Desain Baru	26.22	338.54	0.06	9,53
Perbandingan	↓1.24%	↓15.21%	↓0.00%	↑ 1.25%

4. Kesimpulan

Paper ini mengambil *Fall Block Deck Crane* sebagai objek penelitian, dengan menggunakan Simulasi *SolidWorks Simulation* untuk melakukan analisis elemen hingga dan desain optimasi topologi, dan melakukan analisis elemen hingga terhadap desain *Fall Block Deck Crane* hasil optimasi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan simulasi statik linier menggunakan *SolidWorks Simulation* pada desain awal *Fall Block Deck Crane* diperoleh nilai tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 26.55 MPa. Dari hasil optimasi topologi didapatkan penurunan massa sebesar 15.21 % dengan berat menjadi 338.54 kg. Selain itu tegangan *Von Mises* maksimum pada *fall block* turun 1.24% menjadi 26.22 MPa. Akibat dari turunya nilai tegangan tersebut membuat nilai *safety factor* meningkat 1.25 % dari desain awal menjadi 9.53 yang dapat dikatakan nilai tegangan yang terjadi di desain baru masih dinyatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] The Bechtel Equipment Operations Rigging Department, *Bechtel Rigging Handbook (Second Edition)*, 2nd ed. Bechtel Equipment Operations, Inc., 2002.
- [2] Dai R J, Liu Y, Cheng Y S, et al., "Topology and Opening Size Optimization Design of Solid Floors in An Outer Tank of The Pressure Hull," *Chinese J. Sh. Res.*, vol. 14 (6), pp. 139–146, 2019.
- [3] C. Y. T. Jun, "Topology optimization of ship bracket structures," *Chinese J. Sh. Res.*, vol. 10(5), pp. 53-58,70, 2015.
- [4] S. H. Suryo, R. S. Sastra, Muchammad, and Harto, "Optimization of bucket tooth excavator design using topology optimization and finite element method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1858, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1858/1/012081.
- [5] S. Slavov and M. Konsulova-Bakalova, "Optimizing weight of housing elements of two-stage reducer by using the topology management optimization capabilities integrated in SOLIDWORKS: A case study," *Machines*, vol. 7, no. 1, 2019, doi: 10.3390/machines7010009.
- [6] J.-H. Songr *et al.*, "Lightweight design for windlass base frame using optimal design technique," *J. Korean Soc. Mar. Eng.*, vol. 37, no. 5, pp. 477–483, 2013, doi: 10.5916/jkosme.2013.37.5.477.
- [7] X. Zhao, Y. Liu, L. Hua, and H. Mao, "Finite element analysis and topology optimization of a 12000KN fine blanking press frame," *Struct. Multidiscip. Optim.*, vol. 54, no. 2, pp. 375–389, 2016, doi: 10.1007/s00158-016-1407-4.
- [8] "Goals and Constraints - 2018 - SOLIDWORKS Help." .
- [9] "Manufacturing Controls - 2018 - SOLIDWORKS Help." .