

Redesain *Overhead Crane* dengan Analisa Kegagalan Di PLTU PAITON Berbasis Metode Elemen Hingga

Alfian Aziz Sahadewa dan Alief Wikarta

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: wikarta@me.its.ac.id

Abstrak—Crane adalah alat bantu yang digunakan untuk mempermudah dalam memindahkan suatu obyek atau barang dengan ukuran yang relatif besar dan berat dari satu posisi ke posisi lainnya. Pada PLTU PAITON Crane digunakan untuk proses maintenace mesin grinding mill. Hoist Grider Crane Mill terkendala ruang gerak yang terbatas, terbatasnya ruang gerak menyebabkan tidak sejajarnya sumbu antara kawat penarik dengan sepesial tool yang menyebabkan beban pengangkatan menjadi 2x dari beban awal. Akibat tidak sejajarnya kawat overhead crane mengakibatkan terjadinya patahan pada housing motor crane yang bertugas untuk menggerakkan grider kearah vertikal. Oleh karena itu perlu adanya modifikasi overhead girder dengan menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu berdasarkan hasil pengujian, stress, displacement, dan angka keamanan modifikasi 1 memiliki hasil simulasi yang hampir sama dengan hasil dari simulasi awal dengan nilai stress sebesar 36,19 Mpa, Displacement sebesar 0,98 mm, dan angka keamanan sebesar 5,7. Pada modifikasi 2 perbedaan hasil simulasi yang paling besar terletak pada simulasi tegangan (stress) sebesar 158,3 Mpa. sedangkan hasil simulasi defleksi dan angka keamanan tidak berbeda jauh dengan simulai awal dimana defleksi sebesar 0,93 dan angka keamanan sebesar 3,1.

Kata Kunci—Elemen Hingga (Finite Elemen Analysis), Crane, , Teori Kegagalan, SolidWork, Simulasi.

I. PENDAHULUAN

DALAM dunia industri, untuk menunjang baik dalam proses pembangunan maupun produksi membutuhkan peralatan yang memadai agar dalam proses pengerjaannya lebih efisien. Pada industri berskala besar peralatan dan material yang di gunakan relatif berat dan berukuran besar.karena hal itu diperlukannya pesawat angkat seperti crane untuk mempermudah proses pengerjaannya.

Di PLTU Paiton sekitar bulan Juni kemarin karena terjadi patahan fatigue. Overhead crane mengalami patahan pada housing motor crane yang bertugas untuk menggerakkan grider kearah vertikal. Patahan terjadi karena terbatasnya ruang gerak yang menyebabkan tidak sejajarnya sumbu antara kawat penarik dengan sepesial tool yang menyebabkan beban pengangkatan menjadi 2x dari beban awal.

Pada tahun 2014, Eko Warsito melakukan penelitian tentang overhead crane yang berjudul “Analisis Struktur Overhead Crane Kapasitas 35 Ton dengan Modifikasi Tambahan beban 6 Ton”. Dalam pengujiannya, peneliti menggunakan metode elemen hingga (FMA) pada software Solidworks. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kekuatan struktur kaki-kaki pada saat crane mengangkat beban, untuk mengetahui apakah dengan struktur yang sudah ada perlu penambahan penguat pada

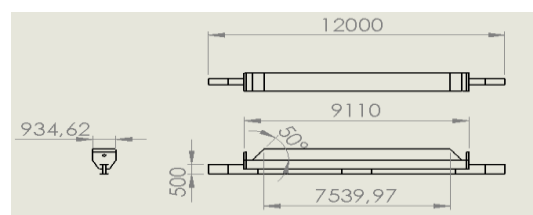
kaki-kakinya, dan untuk mengetahui bebaan maksimal yang mampu diangkat oleh crane setelah penambahan beban [1].

Metode elemen hingga adalah metode numeric untuk mempekirakan solusi dari permasalahan matematis sehingga memperoleh hasil yang mendekati dengan kondisi real. Secara garis besar, metode elemen hingga dilakukan dengan cara membagi-bagi suatu struktur menjadi beberapa elemen, dan elemen tersebut terhubung melalui nodal-nodal. Jenis-jenis elemen yang digunakan dalam metode elemen hingga adalah elemen satu dimensi (truss elemen, bar elemen, dsb) elemen dua dimensi (plane, plate elemen dsb) dan elemen 3 dimensi (solid elemen) [2]. Pada penelitian ini pengujian dilakukan berdasarkan teori kegagalan Von Mises [3]. Variasi dari modifikasi adalah sebanyak 2 variasi dimana yang nantinya dipilih varian terbaik. Perangkat lunak metode elemen hingga yang hendak digunakan adalah SolidWorks [4].

II. METODE ANALISA

A. Data Overhead Crane

Dimensi dan geometri *Overhead Crane* origin ditunjukkan pada gambar 1. Data material yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data material A572 Gr 50. Tabel 1 dan 2 menunjukkan komposisi kima dan sifat mekanik yang akan digunakan untuk mencari yield strength seperti gambar 2. Data tersebut merupakan sifat mekanis pada tiap arah dari material tersebut dan dibutuhkan untuk melakukan analisa. Data ini diambil dari referensi yang ada pada internet.



Gambar 1. Dimensi Crane Origin.

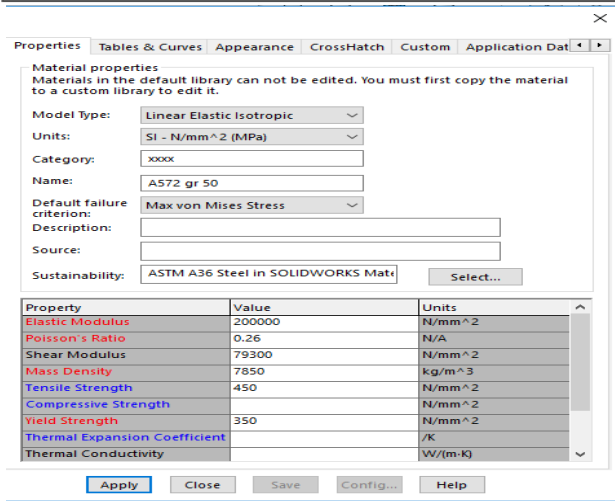
Tabel 1.
Komposisi Kimia A572 Gr 50

A572 Grade 50 Chemical Composition								
Grade	The Element Max (%)							
	C	Si	Mn	P	S	V	Ni	Co
A572 Grade 50	0.23	0.4	1.35	0.04	0.05	0.06	0.015	0.05

Tabel 2.
Komposisi Mekanik A572 Gr 50

Grade	Thickness(mm)	Min Yield (Mpa)	Tensile(MPa)	Elongation(%)
A572 Grade 50	8mm-50mm	345Mpa	450Mpa	21%
	50mm-200mm	345Mpa	450Mpa	18%

The min impact energy is longitudinal energy



Gambar 2. Jendela Pengaturan Material.

B. Pengujian

Pada penelitian ini pengujian yang digunakan adalah pengujian statis yang terdapat pada software SolidWorks. Pada pengujian statis di solidworks terdapat tiga jenis hasil yang akan dianalisa, yaitu tegangan (stress), displacement, dan factor of safety.

C. Permodelan Metode Elemen Hingga

Dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *SolidWorks*, maka permodelan *Girder Overhead Crane* sebagai bentuk *solid* dapat dilakukan. Selanjutnya, bentuk *surface* dari *fork solid* tersebut diambil dari tiap *face* luar geometri. Gambar 3 menunjukkan bentuk *solid* dan *surface* dari *Girder Overhead Crane* tersebut didefinisikan sebagai A572 Gr 50. Hal selanjutnya yang dilakukan adalah menerapkan *boundary condition* pada struktur *girder*. *Fixed constraint* diterapkan pada bagian sambungan antara *gilder* dan *end truck*, dapat dilihat pada gambar 4.

Pemberian beban atau *loading* dapat dilihat pada Gambar 5. pemberian beban dibagi menjadi 3 bagian yaitu A, B, dan C dimana tiap beban terdapat 3 kondisi pembebanan seperti pada gambar 6. variasi beban yang akan diberikan adalah 5, 10, 15, dan 20 Ton. Hal itu dilakukan karena pada kondisi lapangan proses *maintenace* mengalami berbagai macam kondisi pembebanan dan struktur overhead *gilder* belum pernah dilakukan pengujian untuk mengetahui struktur overhead crane masih layak untuk digunakan atau tidak.

D. Parameter Analisa

Pada artikel ini, kegagalan yang terjadi pada struktur *girder* dianalisa berdasarkan hasil tegangan, defleksi, dan angka keamanan dari simulasi. Hasil dari simulasi tersebut akan berbentuk angka dimana Hasil –hasil tersebut digunakan sebagai acuan batas maksimal yang digunakan sebagai acuan dalam redesain model *glider crane*. Hasil dari simulasi modifikasi *overhead crane* kemudian dianalisa dimana dengan cara membandingkan antar tiap modifikasi untuk mencari hasil simulasi yang terbaik. Setelah memperoleh hasil-hasil tersebut barulah diperoleh kesimpulan rancangan manakah yang akan dipilih untuk

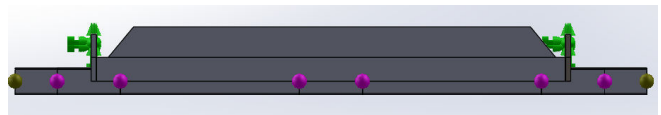
menjadi referensi untuk pengantian *Glider pasa overhead crane*.

E. Modifikasi Penelitian

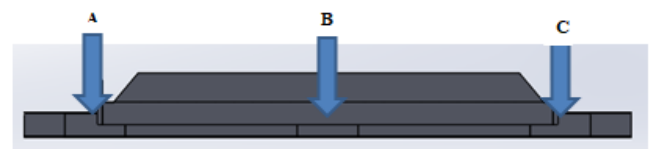
Memodifikasi (redesain) desain dilakukan untuk mencari rancangan yang optimal pada *overhead crane*. karena dalam kondisi lapangan bagian *body gilder overhead crane* mengalami ruang gerak yang terbatas hanya 50 cm. Posisi *space overhead girder* yang tidak sejajar dengan tempat spesial tool. Karena terkendala ruang gerak menyebabkan tidak seajarnya antara kawat dan sepecial tools yang digunakan untuk *maintenace*. Karena kendala tersebut maka perlu adanya modifikasi desain dimana hanya *body gilder* saja yang akan dimodifikasi.



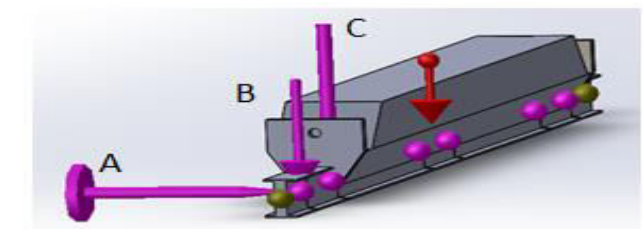
Gambar 3. Crane Origin.



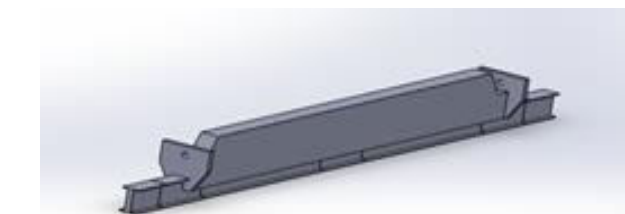
Gambar 4. Penerapan Fixed Constraint.



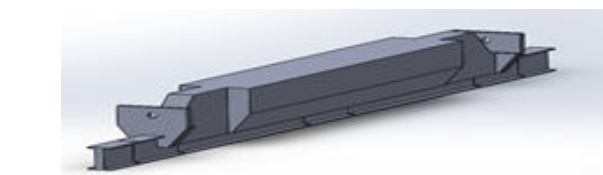
Gambar 5. Pemberian Beban Pada Model.



Gambar 6. Beban Momen (a) Beban Motor (b) Beban Total (c).



Gambar 7. Modifikasi 1.



Gambar 8. Modifikasi 2.

Tabel 3. Hasil Simulasi Origin

Variasi pembebanan	STRESS (Mpa)			DISPLACEMENT (mm)			Angka Keamanan		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
5	16,01	22,19	13,08	0.2169	0.4559	0.2873	21.8	6.76	11.5
10	22,88	31,72	14,61	0.4196	0.636	0.3224	8.28	4.71	10.3
15	35,19	41,25	16,15	0.6665	0.8161	0.3579	4.88	3.62	9.3
20	47,51	50,78	17,69	0.9134	0.9964	0.3938	3.37	2.93	8.5

III HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Analisa Awal

Hasil-hasil dari simulasi origin pada SolidWorks dikumpulkan ke dalam bentuk tabel. Tabel 3.

Stress terbesar terdapat pada posisi pembebanan B dengan variasi pembebanan 20 Ton nilai 50,78 Mpa. Pada variasi pembebanan 20 Ton stress terkecil terdapat pada pembebanan C dengan nilai 17,69 Mpa. Displacement terbesar terdapat pada variasi beban 20 Ton pada posisi pembebanan B dengan nilai 0,9964 mm. Sedangkan displacement terkecil pada variasi beban 20 Ton terletak pada pembebanan C dengan nilai 0,3938 mm. Angka keamanan terendah terletak pada variasi beban 20 Ton dengan posisi pembebanan B sebesar 2,93. Pada variasi pembebanan 20 Ton angka keamanan yang paling besar pada posisi pembebanan C sebesar 8,5. Hasil simulasi diatas digunakan sebagai acuan untuk modifikasi 1 dan modifikasi 2.

B. Evaluasi Modifikasi Pertama

Modifikasi pertama dilakukan dengan mengubah keseluruhan sayap pada bagian body girder overhead crane. Hasil-hasil dari simulasi origin pada SolidWorks dikumpulkan ke dalam bentuk tabel. Tabel 4.

Pada tabel 4 dapat diketahui tegangan terbesar pada modifikasi 1 terdapat pada posisi pembebanan di A dengan variasi beban 20 Ton sebesar 36,19 Mpa, tegangan terkecil pada pembebanan C sebesar 17,11 Mpa. Sedangkan defleksi terbesar pada variasi beban 20 Ton terdapat pada pembebanan B sebesar 0,98 mm, tegangan terkecil terdapat pada pembebanan C sebesar 0,33 mm. Angka keamanan terdah pada variasi beban 20 Ton terletak pada Pembebanan B sebesar 5,7 dan angka keamanan terbesar pada variasi beban 20 Ton sebesar 9,6.

Tabel 4. Hasil Simulasi Modifikasi Pertama

Variasi pembebanan	STRESS (Mpa)			DISPLACEMENT (mm)			Angka Keamanan		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
5	8,851	15,34	9,935	0,2	0,42	0,23	29	13	19
10	17,29	22	11,87	0,452	0,6	0,27	14	9	16
15	26,66	28,65	13,81	0,7	0,79	0,3	9,3	6,9	12
20	36,19	35,31	17,11	0,954	0,98	0,33	6,9	5,7	9,6

Tabel 5. Hasil Simulasi Modifikasi Kedua

Variasi pembebanan	STRESS (Mpa)			DISPLACEMENT (mm)			Angka Keamanan		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
5	20,65	64,28	26	0,2	0,7	0,3	17	5,4	13
10	51,07	103,3	32,17	0,43	1,1	0,3	6,9	3,4	11
15	82,52	142,4	39,13	0,68	0,67	0,33	4,2	5,8	8,9
20	114,2	158,3	46,11	0,93	0,8	0,37	3,1	4,8	7,6

C. Evaluasi Modifikasi Kedua

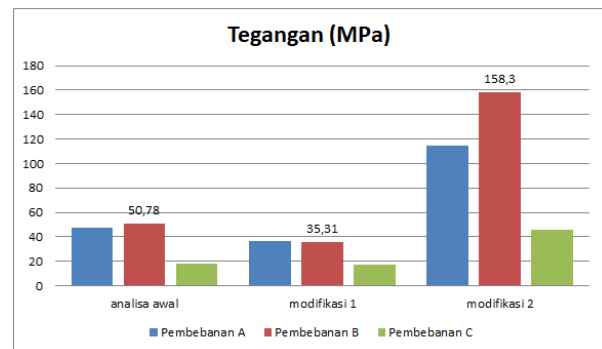
modifikasi kedua dilakukan dengan mengubah sebagian sayap sekitar plat sebelah kanan dan kiri pada bagian body

girder overhead crane. Hasil-hasil dari simulasi origin pada SolidWorks dikumpulkan ke dalam bentuk tabel. Tabel 5.

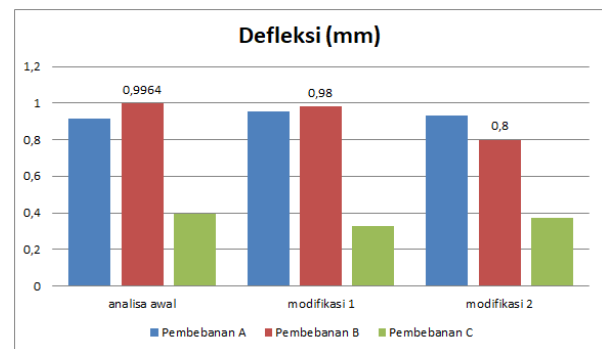
Pada tabel 5 tegangan terbesar terdapat pada posisi pembebanan B dengan variasi pembebanan 20 Ton nilai 158,3 Mpa. Pada variasi pembebanan 20 Ton stress terkecil terdapat pada pembebanan C dengan nilai 46,11 Mpa. Displacement terbesar terdapat pada variasi beban 20 Ton pada posisi pembebanan A dengan nilai 0,93 mm. Sedangkan displacement terkecil pada variasi beban 20 Ton terletak pada pembebanan C dengan nilai 0,37 mm. Angka keamanan terendah terletak pada variasi beban 20 Ton dengan posisi pembebanan A sebesar 3,1. Pada variasi pembebanan 20 Ton angka keamanan yang paling besar pada posisi pembebanan C sebesar 7,6.

D. Perbandingan Hasil Analisa Origin dan Modifikasi

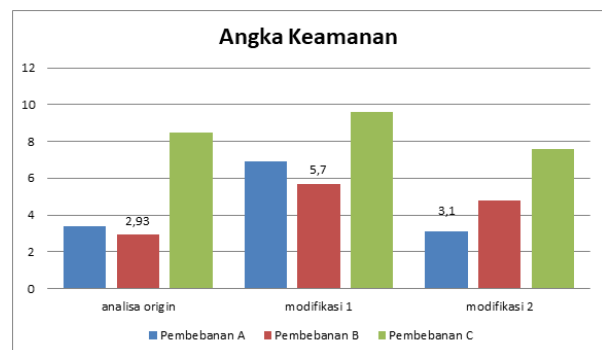
Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap girder overhead crane dengan menggunakan metode static test pada SolidWorks didapatkan hasil perbandingan defleksi, tegangan, dan angka keamanan antara analisa awal dengan modifikasi. Data yang diambil adalah dengan variasi beban 20 Ton pada setiap pembebanan.



Gambar 9. Grafik Hasil Perbandingan Tegangan Static Bending.



Gambar 10. Grafik Hasil Perbandingan Defleksi Static Bending.



Gambar 11. Grafik Hasil Perbandingan Angka Keamanan Static Bending.

Pada grafik 9 menunjukkan tegangan (Stress) analisa origin terbesar terdapat pada pembebanan B sebesar 50,78 Mpa.

Dari hasil modifikasi 1 dan 2 stress terbesar pada modifikasi 2 stress terletak pada pembebanan B dengan nilai 158,3 Mpa. Tegangan (stress) terkecil terdapat pada pembebanan C modifikasi 1 dengan nilai 17,11 Mpa. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa modifikasi 2 memiliki nilai stress yang paling besar melebihi dari analisa awal. Sedangkan pada modifikasi 1 nilai stress yang didapat hampir sama dengan hasil dari modifikasi origin.

Grafik 10 hasil dari simulasi menunjukkan defleksi di tiap pembebanan antara analisa awal, modifikasi 1, dan modifikasi 2 tidak jauh berbeda hanya memiliki rata-rata selisih 0,001 mm. Defleksi pada analisa awal terbesar terdapat pada posisi pembebanan B sebesar 0,9964 mm, sedangkan defleski terendah terdapat pada pembebanan C sebesar 0,3938 mm. Dari modifikasi 1 dan 2 defleksi terbesar terdapat pada modifikasi 1 dengan pembebanan B sebesar 0,98 mm, sedangkan defleksi terendah terdapat pada modifikasi 1 pada pembebanan C sebesar 0,33 mm.

Grafik 11 hasil dari simulasi awal menunjukkan angka keamanan terendah terletak pada pembebanan B sebesar 2,9 sedangkan angka keamanan tertinggi terletak pada pembebanan C sebesar 8,5. Pada modifikasi 1 dan 2 angka keamanan terkecil terdapat pada pembebanan A modifikasi 2 sebesar 3,1. Sedangkan angka keamanan terbesar terdapat pada modifikasi 1 pada pembebanan C sebesar 9,6.

IV. KESIMPULAN

Dari tabel analisa diatas yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1 Berdasarkan pengujian *static bending* yang telah dilakukan terhadap analisa origin :
 - a. Tegangan yang terjadi pada tiap pembebanan antara A, B, dan C analisa origin terbesar terdapat pada pembebanan B sebesar 50,78 MPa. Tegangan terkecil pada pembebanan C sebesar 17,69 MPa.
 - b. Defleksi terbesar pada analisa origin terdapat pada pembebanan B sebesar 0,9964 mm dan defleksi terkecil terdapat pada pembebanan C sebesar 0,3938 mm.
 - c. Angka keamanan terendah terletak pada pembebanan B sebesar 2,93 sedangkan terbesar terdapat pada pembebanan C 8,5.
- 2 Pada pengujian *static bending* terhadap modifikasi 1 dan 2:

- a. Tegangan yang terjadi pada modifikasi 1 terbesar pada pembebanan A sebesar 36,19 Mpa dan tegangan terendah terdapat pada pembebanan C sebesar 17,11 MPa. Pada modifikasi 2 stress terbesar pada pembebanan B sebesar 158,3 MPa dan tegangan terendah terdapat pada pembebanan C sebesar 46,11 MPa.
 - b. Defleksi yang terjadi pada pada modifikasi 1 terbesar pada pembebanan B sebesar 0,98 mm dan defleksi terendah terdapat pada pembebanan C sebesar 0,33 mm. Pada modifikasi 2 defleksi terbesar pada pembebanan A sebesar 0,93 mm dan defleksi terendah terdapat pada pembebanan C sebesar 0,37 mm.
 - c. Angka keamanan (FoS) terendah yang terjadi pada modifikasi 1 terdapat pada posisi pembebanan B sebesar 5,7. Sedangkan angka keamanan terbesar terdapat pada pembebanan C sebesar 9,6. Pada modifikasi 2 angka keamanan terendah terdapat pada posisi pembebanan A sebesar 3,1. Sedangkan angka keamanan terbesar terdapat pada pembebanan C sebesar 7,6.
- 3 Setelah dilakukan simulasi terhadap analisa origin dan seluruh modifikasi pada pengujian static bending :
- a. Tegangan yang paling besar terdapat pada modifikasi 2 dimana melebihi dari nilai hasil simulasi origin. Sedangkan pada modifikasi 1 hasil simulasi tidak jauh berbeda terhadap simulasi awal.
 - b. Perbandingan hasil simulasi terhadap simulasi origin dan modifikasi 1 dan 2 tidak jauh berbeda hanya memiliki rata-rata selisih 0,001 mm.
 - c. Perbandingan angka keamanan antara simulasi origin dan modifikasi 1 dan 2, modifikasi 2 lebih rendah daripada modifikasi 1.
- Jadi dapat disimpulkan dari perbandingan hasil diatas didapatkan modifikasi 1 lebih layak untuk dipilih sebagai alternatif dalam redesain overhead crane.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Warsito, "Analisis Struktur Overhead Crane Kapasitas 35 Ton Dengan Modifikasi Tambahan Beban 6 Ton," Institut Teknologi Sepuluh November, 2014.
- [2] D. L. Logan, *A First Course in The Finite Element Method*. Platteville. University of Wisconsin.
- [3] R. C. Hibbeler, *Mechanics of Materials*. United State of America.
- [4] SolidWork Corporation, "Solidworks 2016," 2016.