

Optimasi Desain Paddock Stand Sebagai Sistem Statis dengan Menggunakan Finite Element Method

Optimization of Paddock Stand Design as a Static System using Finite Element Method

Susastro¹, Alaya Fadlu Hadi Muhammad², Aini Iostari³, Yoga Ahdiat Fakhru⁴

^{1,2} Sekokasi, Universitas Diponegoro

³ Teknik Mesin, Universitas Qomarudin Gresik

⁴ Mesin otomotif, Politeknik Negeri Madiun

^{1,2} Jalan Hayamwuruk No.4, Peleburan, Semarang, 50241, Indonesia

³ Jalan Raya Bungah No.1, Gresik, Jawa Timur 61152

⁴ Jalan Serayu No.84, Pandean, Taman, Madiun 63133

email: susastro@live.undip.ac.id; alayad4rpm@lecturer.undip.ac.id; ainims31@gmail.com; yoga@pnm.ac.id

ABSTRACT

DOI;
10.30595/jrst.v5i1.6023

Histori Artikel:

Diajukan:
29/01/2020

Diterima:
10/12/2020

Diterbitkan:
03/03/2021

Finite Element Method (FEM) merupakan suatu metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan struktur yang complex dengan bantuan komputer. Banyak sekali kasus complex yang telah terselesaikan dengan metode ini. Metode finite element bahkan dapat digunakan untuk melakukan optimasi desain struktur, baik untuk permasalahan rekalkulasi dimensi maupun untuk pemilihan bentuk dari struktur. Dalam penelitian ini dilakukan optimasi dimensi dari kerangka paddock stand serta diberikan juga beberapa variasi bentuk pada desain bentuk paddock stand. Adapun variasi bentuk yang diberikan adalah dengan mencoba untuk memberikan penyangga (RIB). Berdasarkan penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa diameter optimal dari pipa paddock stand adalah sebesar 13 mm. adapun lendutan terbesar yang diperoleh pada kondisi optimal adalah sebesar 4 mm, dengan nilai tegangan maksimal yang diperoleh sebesar 136,9 Mpa

Kata Kunci: Elemen hingga, stress, strain, MEH, finite element

ABSTRACT

Finite Element Method (FEM) is a numerical method that can be used to solve complex structural problems with the help of computers. Many complex cases have been resolved by this method. The finite element method can even be used to optimize structural design, both for dimensional recalculation problems (Metode & Hingga, 2011) and for the selection of shapes from structures. In this research, the dimension optimization of the paddock stand frame is also done and also given a number of variations in the shape of the paddock stand design. The variations in the form given are trying to provide rib. Based on research conducted shows that the optimal diameter of the paddock stand pipe is 13 mm. the largest deflection obtained at optimal conditions is 4 mm, with the maximum stress value obtained at 136.9 Mpa.

Keywords: Finite Element, stress, strain, FEM

1. PENDAHULUAN

Paddock stand merupakan suatu sandaran tengah tambahan, yang umum digunakan pada motor sport. Meningkatnya jumlah motor sport yang beredar di Indonesia berakibat pada semakin tingginya permintaan akan paddock stand. Paddock stand yang baik tentu tidak hanya berfungsi untuk mentegakkan motor, namun juga harus optimal baik dalam segi pemilihan material, desain dan dimensi (Fahd Riyal Pris, Budhi M Suyitno, & Amin Suhadi, 2019; Metode & Hingga, 2011). Desain dapat dikatakan optimal ketika produk tersebut dapat menopang beban dengan baik sesuai dengan kriteria angka keamanan yang diberikan. Dengan desain yang optimal ini tentunya diharapkan dapat menghemat biaya produksi dan material yang digunakan.

Dalam melakukan desain struktur, tentu perlu dilakukan studi terkait kekuatan dari struktur terlebih dahulu. Untuk mengetahui kekuatan dari struktur maka perlu untuk dilakukan uji karakteristik. Uji karakteristik dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan maupun simulasi. Salah satu yang paling populer digunakan dalam menganalisa karakteristik dari sebuah desain struktur adalah dengan menggunakan Finite Element Method (FEM).

Metode FEM dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan struktur yang complex pada benda padat, dan menghasilkan solusi berupa tegangan, regangan, defleksi, maupun fatigue life material (Fahd Riyal Pris et al., 2019). Banyak sekali kasus complex yang telah terselesaikan dengan metode ini. Seperti untuk mencari tegangan pada flexible pavement, getaran pada tiang penyangga mesin (Wandono & Syah, 2017), tegangan maksimal pada pallet (Arief, 2014) dan as roda (Wandono, 2017) pesawat terbang, telah terselesaikan dengan sangat mudah. Metode finite element bahkan dapat digunakan untuk melakukan optimasi desain struktur, baik untuk permasalahan rekalkulasi dimensi (Metode & Hingga, 2011) maupun untuk pemilihan bentuk dari struktur (Anggono et al., 2014; Covill et al., 2014; Fahd Riyal Pris et al., 2019; Ren, Yu, Zhao, Fan, & Li, 2017)

Dari kelebihan finite element ini maka dalam penelitian ini dilakukan proses pemodelan tegangan paddock stand dengan kondisi statis. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan Finite Element Method. Dalam

penelitian ini dilakukan juga optimasi dimensi dari kerangka paddock stand serta diberikan juga beberapa variasi bentuk pada desain bentuk paddock stand. Dengan demikian diperoleh bentuk serta dimensi paddock stand yang paling optimal.

2. METODE

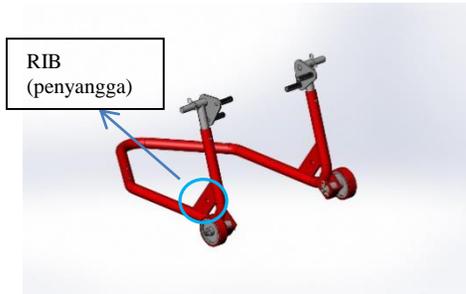
Secara umum alur penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini dimulai dengan mencari referensi terkait data berat kendaraan yang menggunakan paddock stand. Berdasarkan referensi ditunjukkan bahwa kapasitas mesin terbesar dari motor yang beredar Indonesia yaitu 250 cc. dari data yang ada menunjukkan bahwa motor 250 cc yang beredar di Indonesia memiliki bobot terberat 168 Kg (Nugroho, 2018). dengan berasumsi bahwa 50% dari berat motor terletak pada roda belakang, maka gaya yang bekerja pada paddock stand adalah sebesar 84 Kg.



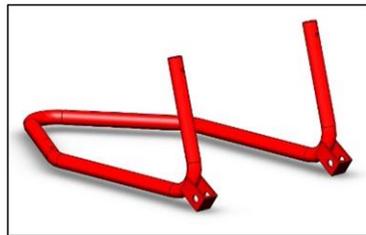
Gambar 1. Flowchart penelitian

Setelah diperoleh data terkait besar gaya yang bekerja pada paddock stand, langkah selanjutnya adalah mencari bentuk salah satu paddock stand yang sudah ada. Dari bentuk paddock stand yang sudah ada dilakukanlah

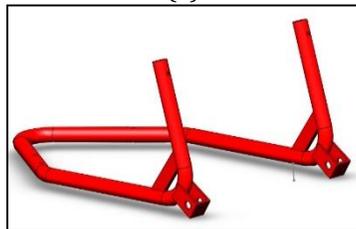
proses penggambaran ulang sebagaimana pada Gambar 2. Pada kerangka paddock stand dilakukan beberapa variasi, diantaranya adalah dalam kondisi tanpa RIB (penyangga), dengan RIB dan dengan lubang pada RIB sebagaimana pada Gambar 2.



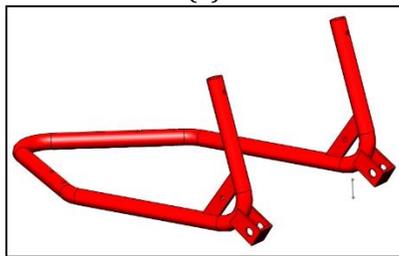
Gambar 2. Salah satu desain paddock stand
 Sumber: www.grabcad.com



(a)



(b)

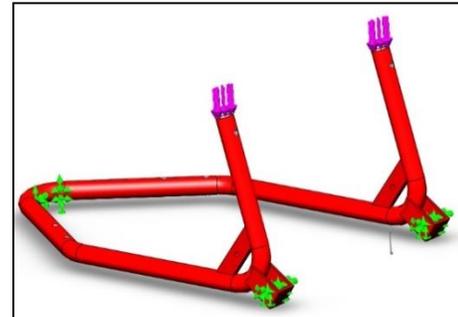


(c)

Gambar 3. Kerangka paddock stand (a) tanpa penyangga (b) dengan penyangga, (c) dengan lubang pada penyangga

Dari ketiga bentuk kerangka paddock stand dilakukan simulasi dengan menggunakan bantuan numerical software. Lubang shaft dan bagian ujung dari paddock stand diasumsikan sebagai tumpuan jepit. Sedangkan bagian atas

dari paddock stand diberikan gaya total sebesar 87 Kg dengan arah vertical sebagai pemodelan dari berat kendaraan yang bersandar. Adapun semua kondisi batas (boundary condition) ini dimasukkan ke dalam numerical software sebagaimana Gambar 4 dibawah.



Gambar 4. Boundary Condition dari kerangka Paddock Stand

Dari simulasi dengan numerical software diperoleh letak dan nilai tegangan maksimum yang bekerja pada paddock stand, baik untuk paddock stand tipe 1, tipe 2, maupun tipe ketiga. Setelah didapatkan nilai tegangan maksimum pada ketika tipe paddock stand, maka langkah selanjutnya adalah melakukan optimasi dimensi. Proses optimasi dimensi dilakukan dengan mencari dimensi terkecil dari pipa kerangka paddock stand, sedemikian hingga tetap aman digunakan. Adapun kriteria aman ini diperoleh dengan membandingkan antara tegangan yield material dengan tegangan maksimum paddock stand. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$N = \frac{S_{yp}}{S_m} \quad (1)$$

(aaron d. deutschman, 1979)

Dengan N adalah angka keamanan; S_{yp} adalah yield point material; dan S_m adalah tegangan maksimum yang bekerja pada paddock stand.

Diharapkan bahwa perbandingan nilai yield point material terhadap tegangan maksimum paddock stand adalah sama dengan nilai angka keamanan yang diijinkan.

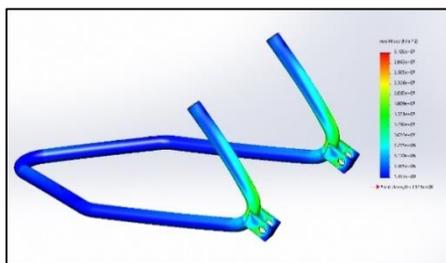
Adapun data terkait nilai angka keamanan yang diijinkan pada beberapa kondisi pembebanan ditunjukkan sebagaimana pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Angka keamanan pada beberapa kondisi pembebanan (aaron d. deutschman, 1979)

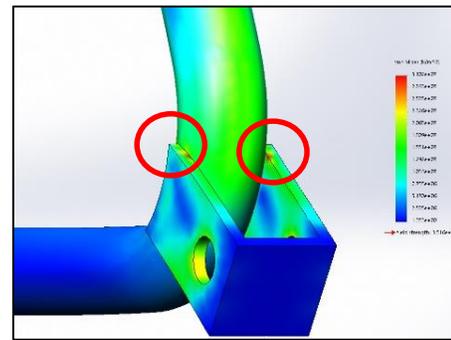
Besar Angka Keamanan	Keterangan
1,25 - 1,5	Untuk kondisi yang selalu terkontrol, mengalami gaya dan beban yang dapat diketahui dg sangat akurat.
1,5 - 2	Untuk kondisi dimana material dapat diketahui, kondisi lingkungan yang tetap, mengalami gaya dan beban yang dapat dicari dengan segera
2 - 2,5	Untuk material yang secara umum dioperasikan di lingkungan biasa dan mengalami beban dan tekanan yang dapat ditentukan
2,5 - 3	untuk material yang jarang digunakan atau rapuh/brittle di bawah kondisi lingkungan, beban, dan tegangan rata-rata.
3 - 4	untuk bahan material yang belum pernah dicoba untuk digunakan, dalam kondisi lingkungan, beban dan tegangan rata-rata.
3 - 6	Mstrtisl ysng mengalami beban impact/kejut

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

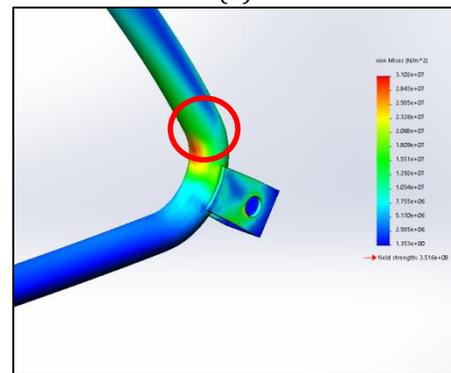
3.1 HASIL SIMULASI



(a)



(b)



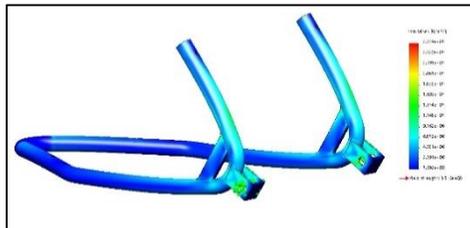
(c)

Gambar 5. Hasil Simulasi tanpa RIB (a), letak titik kritis 1 (b), dan letak titik kritis 2 (c)

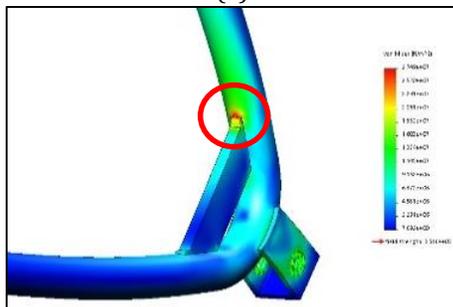
Gambar 5 memperlihatkan hasil simulasi dengan menggunakan simulasi software. Dari gambar tersebut diperlihatkan bahwa besar tegangan maksimum yang berkerja pada paddock stand adalah sebesar 31,02 MPa. Adapun letak dari tegangan maksimum yang terjadi adalah pada bagian dalam dari siku paddock stand. Titik lain yang mengalami tegangan maksimum adalah pada bagian sambungan antara krangka paddock stand dan tempat dudukan poros. Dengan demikian kedua titik in merupakan titik yang paling rawan untuk menjadi titik awal kerusakan.

Untuk memperkecil besar dari tegangan maksimum yang terjadi pada siku bagian dalam, maka diberikanlah RIB sebagaimana pada Gambar 6. Dari hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa besar dan letak dari tegangan maksimum menjadi berubah. Adapun tegangan maksimum yang terjadi terletak pada perbatasan antara RIB dengan krangka paddock stand yaitu sebesar 27,5 MPa. Konsentrasi tegangan pada area lasan menjadi penyebab terjadinya tegangan maksimum pada perbatasan antara krangka paddock stand dan RIB.

Pada hasil simulasi ditunjukkan pula bahwa tegangan yang terjadi pada bagian tengah dari RIB masih relative kecil. Sehingga penambahan lubang pada RIB berakibat pada tidak berubahnya letak dan nilai dari tegangan maksimum sebagaimana pada Gambar 7.

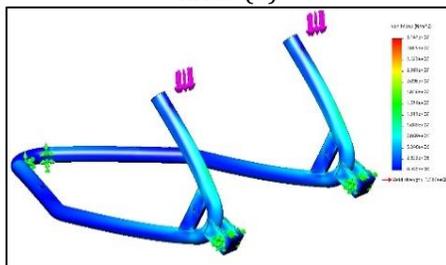


(a)

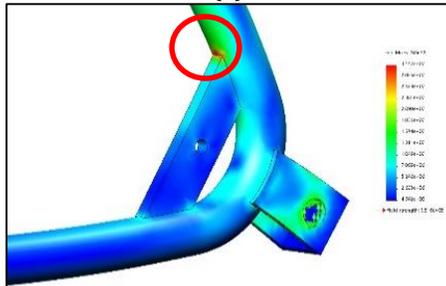


(b)

Gambar 6. Hasil Simulasi RIB (a) dan letak titik kritis (b)



(a)



(b)

Gambar 7. Hasil Simulasi RIB dengan lubang (a) dan letak titik kritis (b)

3.1 OPIMASI DIAMETER PIPA PADDOCK STAND

Dalam penelitian ini Optimasi dilakukan untuk mendapatkan diameter pipa paddock stand yang terbaik. Pada optimasi dimensi ini diperoleh dimensi/ diameter pipa yang terkecil dari paddock stand, sedemikian hingga masih mampu untuk menahan beban dari kendaraan yang disandarkan. Dengan merujuk pada table 1, dimana paddock stand ini digunakan pada kondisi statis, maka optimasi diameter pipa dilakukan dengan beracuan bahwa nilai angka keamanan yang diperoleh nantinya adalah sebesar 2,5. Dengan diperoleh diameter terkecil, maka diharapkan biaya pembelian material paddock stand dapat ditekan, dan berakibat pada penekanan biaya produksi.

Hasil simulasi paddock stand menunjukkan bahwa tegangan maksimum tertinggi terjadi pada paddock stand tanpa RIB. Adapun besar tegangan yang terjadi adalah sebesar 31,02 MPa. Tegangan ini tentu masih berada jauh dari yield point material yaitu sebesar 351,5 MPa. Dengan memasukan kedua nilai parameter ini kedalam persamaan 1, maka diperoleh nilai angka keamanan sebesar 11,4. Sedangkan apabila merujuk pada Tabel 1, maka angka keamanan yang harusnya diberikan pada kondisi operasi dari paddock stand adalah 2,5. perbedaan nilai angka keamanan antara teori dan simulasi ini menunjukkan bahwa paddock stand tanpa RIB memiliki kekuatan yang jauh lebih tinggi daripada yang diharapkan (terlalu kuat), sehingga perlu untuk dilakukan optimasi dimensi

Optimasi dimensi dilakukan dengan mereduksi dimensi pipa. Untuk mendapatkan dimensi ini dilakukan trial and error pada diameter pipa sehingga diperoleh nilai tegangan yang masih diijinkan. Adapun besar nilai tegangan ijin dapat dihitung dengan memodifikasi persamaan 1 menjadi sebagai berikut

$$S_m = \frac{S_{yp}}{N}$$

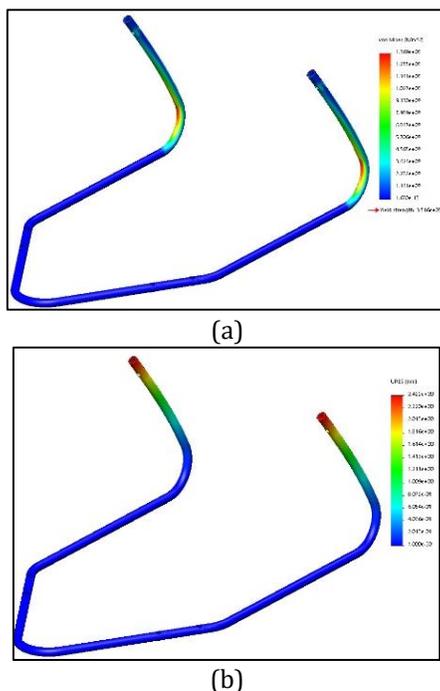
Dengan memasukan nilai $N = 2,5$; nilai $S_{yp} = 351$ MPa; maka

$$S_m = \frac{351 \text{ MPa}}{2,5}$$

$$S_m = 140,4 \text{ MPa}$$

Dengan beracuan pada nilai tegangan ijin diatas maka diperoleh diameter krangka paddock stand yang paling optimal adalah sebesar 13,1 mm \approx 13 mm. adapun besar tegangan maksimum yang

terjadi adalah sebesar 136,9 MPa. Dengan menggunakan pipa dengan diameter ini lendutan yang dihasilkan saat paddock stand menerima beban juga masih relative rendah, yaitu hanya 2,4 mm (Gambar 8b).



Gambar 8. Hasil simulasi pada diameter optimal (a) tegangan vonmises (b) lendutan

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemberian RIB secara efektif dapat mengurangi tegangan yang terjadi pada siku bagian dalam dari kerangka paddock stand. Dengan melakukan optimasi desain dari paddock stand diperoleh diameter pipa optimal yang diperoleh adalah sebesar 13 mm. adapun lendutan terbesar yang diperoleh pada kondisi optimal adalah sebesar 4 mm, dengan nilai tegangan maksimal yang diperoleh sebesar 136,9 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaron d. deutschman. (1979). *Machine Design*.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.403.3.1.2>
- Anggono, W., Sanjaya, A., Suprianto, F. D., Wijaya, T. P., Teknik, J., Universitas, M., & Petra, K. (2014). OPTIMASI JUMLAH COMPARTMENT TANGKI TRUK

BAHAN BAKAR MINYAK DENGAN MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT APPLICATION. *Seminar Nasional Teknik Mesin 9*, 43–46. surabaya: Petra University.

- Arief, T. M. (2014). Analisis Kekuatan Struktur Pallet Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Energi Dan Manufaktur Vol.7, No.1, April 2014: 1-118*, 7(1), 63–72.
- Covill, D., Begg, S., Elton, E., Milne, M., Morris, R., & Katz, T. (2014). Parametric finite element analysis of bicycle frame geometries. *Procedia Engineering*, 72, 441–446.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.06.077>
- Fahd Riyal Pris, Budhi M Suyitno, & Amin Suhadi. (2019). Analisis Kekuatan Velg Aluminium Alloy 17 Inc Dari Berbagai Desain Menggunakan Metode Finite Element Analysis (Fea). *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 9(2), 33–39.
<https://doi.org/10.35814/teknobiz.v9i2.558>
- Metode, M., & Hingga, E. (2011). 50 ANALISA TEGANGAN-REGANGAN PRODUK TONGKAT LANSIA DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA Santoso Mulyadi 1. 4, 50–58.
- Nugroho, S. A. (2018). Komparasi R25 dengan Ninja 250 dan CBR250RR. Retrieved from <https://otomotif.kompas.com/read/2018/10/12/104034715/komparasi-r25-dengan-ninja-250-dan-cbr250rr?page=all#page1>
- Ren, Y., Yu, Y., Zhao, B., Fan, C., & Li, H. (2017). Finite Element Analysis and Optimal Design for the Frame of SX360 Dump Trucks. *Procedia Engineering*, 174, 638–647.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.201>
- Wandono, F. A. (2017). Permodelan Metode Elemen Hingga UNTUK Menentukan

Tegangan Von Mises Pada As Roda Lsu-05. *Seminar Nasional Iptek Penerbangan Dan Antariksa XXI*, 222–231.

Wandono, F. A., & Syah, A. H. N. (2017). Prediksi Kekuatan Struktur Alat Uji Getaran Engine Lsu Series Menggunakan Metode Elemen Hingga (Strength Prediction of the Engine Vibration Test Stand of Lsu Series Using Finite Element Method). *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 15(1), 71. <https://doi.org/10.30536/j.td.2017.v15.a2505>