

PENGARUH VARIASI KETEBALAN *SQUARE TUBE* DIN 10305-5 TERHADAP DEFLEKSI RANGKA *PLASTIC SHREDDER*

Besse Titing Karmiati^{1*}, Manty Aldilani Ikaningsih², War'an Rosihan¹, Deny Bayu Saefudin¹,
Agneta Grace Pessireron¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Manufaktur, Universitas Jenderal Achmad Yani

²Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknologi Manufaktur, Universitas Jenderal Achmad Yani

besse.titing@lecture.unjani.ac.id

Abstract

Plastic shredder is one of the prototypes in the Precious Plastic Project developed by One Army. This shredder used square mild steel tubes 30 mm x 30 mm with 3 mm thickness close to DIN 10305-5 standard specification for square tubes in Indonesia. Square tube with a thickness of 3 mm are rarely found in Indonesia because most stores only sell variants with a maximum thickness of 2 mm. The effect of tube thickness variation on frame deflection is the primary concern in this research. The frame analysis method is used to calculate maximum deflection on the frame. The square tube thickness value varied from 3 mm, 2 mm, and 1 mm. As the results obtained, it was found that the maximum deflection with thickness of 3 mm, 2 mm, and 1 mm respectively were 33,85 μm ; 41,21 μm dan 71,12 μm . By using square tube with a thickness of 1 mm, but still maintaining the deflection value below the reference frame (33,85 μm), further modifications are made to the frame design. The analysis results show that the maximum deflection of the modified frame is 15,51 μm . The deflection value is better than the deflection of the reference design.

Keywords : plastic shredder, thickness, frame analysis, deflection

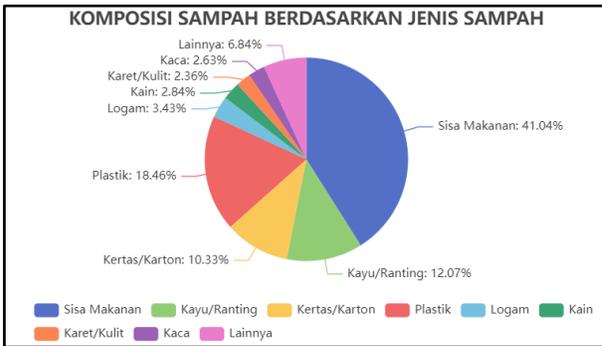
ABSTRAK

Mesin pencacah plastik merupakan salah satu prototipe dalam Precious Plastic Project yang dikembangkan oleh One Army. Mesin pencacah ini menggunakan tabung baja ringan berbentuk persegi berukuran 30 mm x 30 mm dengan ketebalan 3 mm mendekati spesifikasi standar DIN 10305-5 untuk tabung persegi di Indonesia tabung persegi setebal 3 mm ini jarang ditemukan di Indonesia karena kebanyakan toko perkakas hanya menjual varian dengan ketebalan maksimal 2 mm. Pengaruh variasi ketebalan tabung terhadap defleksi rangka menjadi perhatian utama dalam penelitian ini. Metode analisis rangka digunakan untuk menghitung defleksi maksimum pada rangka. Nilai ketebalan tabung persegi divariasikan dari 3 mm, 2 mm, dan 1 mm. Dari hasil analisis diperoleh nilai defleksi maksimum dengan ketebalan 3 mm, 2 mm dan 1 mm berturut-turut adalah 33,85 μm ; 41,21 μm dan 71,12 μm . Dengan menggunakan tabung persegi setebal 1 mm, namun tetap menjaga nilai defleksi kurang dari rangka acuan (33,85 μm), maka dilakukan modifikasi lain pada desain rangka. Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai defleksi maksimum dari modifikasi rangka tersebut adalah 15,51 μm . Nilai defleksi ini lebih baik dari nilai defleksi rangka acuan.

Kata kunci : pencacah plastik, ketebalan, analisis rangka, defleksi

1. Pendahuluan

Dewasa ini, jumlah sampah plastik semakin meningkat. Urutan jumlah sampah plastik berada di peringkat kedua, setelah sisa makanan [1] ditunjukkan pada Gambar 1. Polimer plastik merupakan suatu senyawa kimia yang terdiri dari rantai panjang molekul-molekul berulang (monomer) melalui proses pembentukan polimerisasi. Plastik memiliki sifat khas, seperti kuat, ringan, murah, mudah dibentuk, dan tahan terhadap korosi serta bahan kimia. [2] Sebanyak 36% plastik digunakan sebagai bahan kemasan untuk beragam jenis produk. Sisanya digunakan untuk keperluan elektronik, tekstil, konstruksi dan bangunan, dan lain sebagainya [3].



Gambar 1 Komposisi Sampah berdasarkan Jenis Sampah [1]

Penanganan sampah plastik dengan metode daur ulang merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan sampah plastik ini. Sampah plastik dapat didaur ulang menjadi barang yang lebih bernilai, seperti pada Gambar 2. Sampah plastik dapat didaur ulang menjadi vas bunga, pot, hiasan lampu, carabiner dan lain sebagainya.



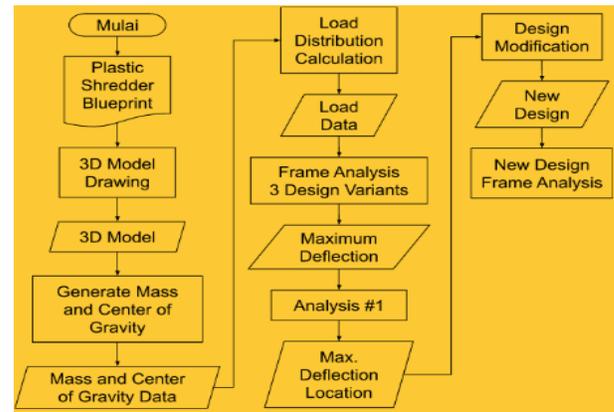
Gambar 2. Benda Daur Ulang Plastik [4]

Proses daur ulang diawali dengan proses pencacahan, dimana proses ini dapat meningkatkan nilai jual plastik [5]. Cacahan-cacahan plastik berukuran kecil ini selanjutnya dicuci dan diproses lebih lanjut untuk menghasilkan produk yang diinginkan.

Adapun desain acuan yang digunakan merupakan *plastic shredder blueprint* dari *Precious Plastic Project* yang dikembangkan oleh *One Army* [6]. Rangka *plastic shredder* ini terdiri dari *square tube frame* 30 mm x 30 mm dengan tebal 3 mm. Di Indonesia, material *square tube frame* 30 mm x 30 mm yang umum dijual berukuran tebal maksimum 2 mm. Bila *plastic shredder* dari *Precious Plastic* ini akan dikembangkan di Indonesia dengan bahan yang lebih tipis, maka perlu dipastikan kondisi rangka dalam menahan pembebanan setidaknya sama dengan kondisi desain acuan. Dalam penelitian ini, pengaruh ketebalan *square tube* terhadap defleksi rangka menjadi perhatian utama.

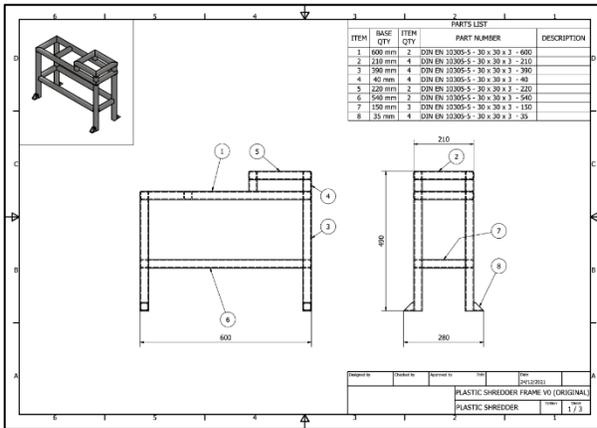
2. Metoda Penelitian

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini berupa langkah kerja dan rangkaian kegiatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



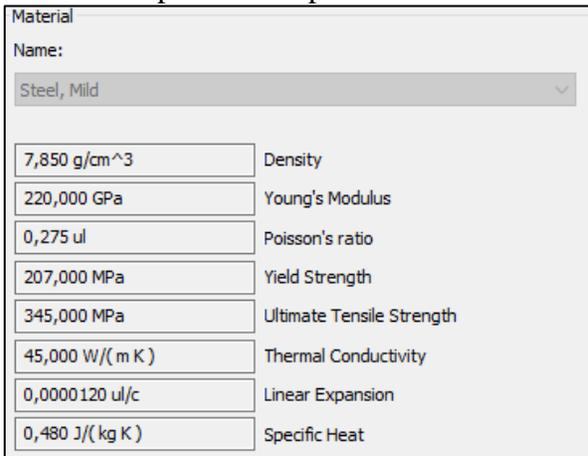
Gambar 3. Metoda Penelitian

Referensi desain rangka dari *plastic shredder* yang dikembangkan oleh *One Army* digambar kembali menggunakan Autodesk Inventor Professional 2020, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Referensi Desain Acuan Rangka *Plastic Shredder*

Dengan menyesuaikan ketersediaan material di Indonesia, maka perlu dilakukan analisis kekuatan rangka terhadap pembebanan untuk memastikan bahwa rangka yang menggunakan *square tube* berukuran tebal lebih tipis ini dapat menahan beban. Proses analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2020 melalui fitur *frame analysis*. Rangka yang dianalisis terbuat dari *square tube* standar DIN 10305-5 [7] berukuran (30 x 30 x 3) mm berbahan *mild steel*. Adapun spesifikasi dari *mild steel* diperlihatkan pada Gambar 5.



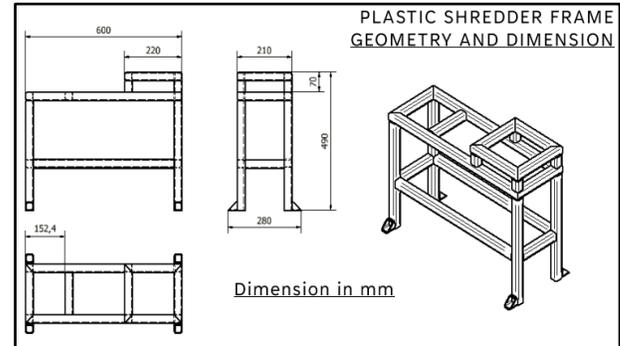
Gambar 5. Sifat *Mild Steel* pada Autodesk Inventor Professional 2020

Variasi ketebalan *square tube* DIN 10305-5 yang dianalisis adalah 3, 2 dan 1 mm. Rangka dengan *square tube* berukuran tebal 3 mm merupakan desain acuan yang digunakan sebagai pembanding. Nilai defleksi rangka

pada variasi ketebalan dianalisis, kemudian dievaluasi.

3. Hasil Penelitian

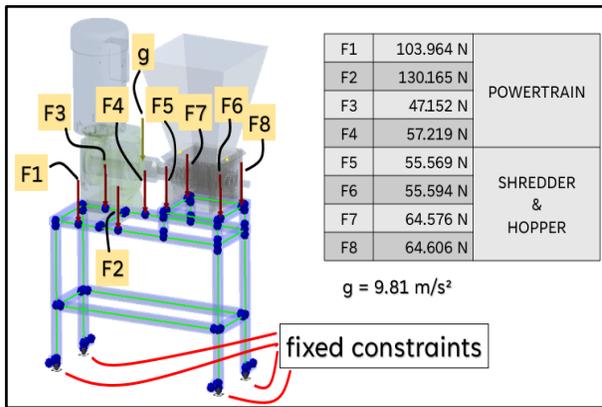
Dimensi rangka *plastic shredder* yang digunakan dalam referensi desain memiliki panjang 600 mm dengan lebar efektif 210 mm dan tinggi dudukan *shredder* 490 mm dari dasar. Beda ketinggian antara dudukan *shredder* dan motor adalah 70 mm. Detail ukuran model yang dianalisis ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Ukuran Rangka *Plastic Shredder* (Referensi Desain)

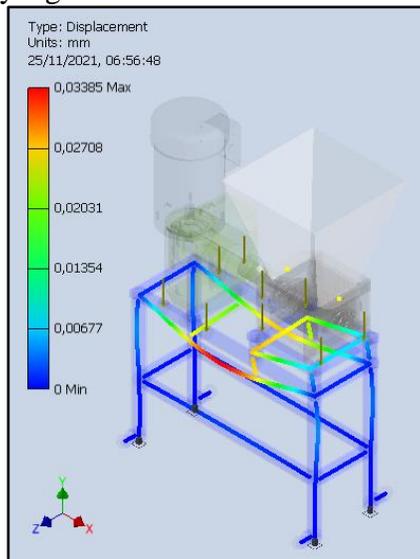
Rangka ini akan diberi beban statik berupa motor dan *gearbox*, *shredder* dan *hopper* di bagian atasnya. Selain itu, beban berupa berat rangka sendiri pun diperhitungkan dengan mengaktifkan fitur *gravity*. Berat motor dan *gearbox* terkalkulasi sebesar 34,5 kg, sedangkan *shredder* dan *hopper* sebesar 16,5 kg.

Posisi pembebanan dan distribusi beban disesuaikan dengan letak tumpuan *shredder* dan *gearbox* pada rangka diperlihatkan pada Gambar 7. Jenis *constraint* antara *shredder* dan *gearbox* terhadap rangka menyebabkan proses penyaluran berat motor dan *shredder* menggunakan beban terpusat. Tumpuan rangka pada lantai yang dikunci menggunakan baut tanam menyebabkan jenis tumpuan rangka pada bagian *footplate* (sepatu kaki rangka) berupa tumpuan jepit (*fixed*).



Gambar 7 Kondisi Pembebanan dan Tumpuan Rangka

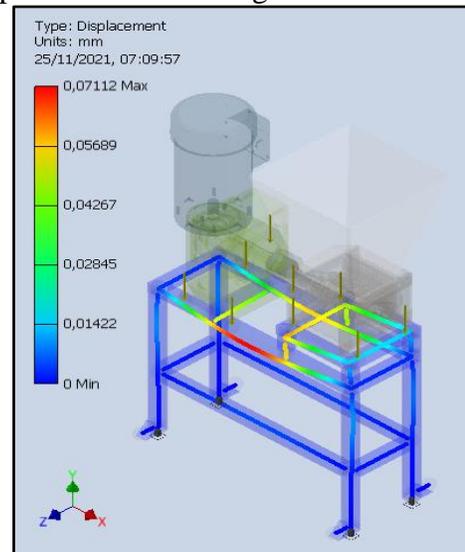
Hasil dari analisis kekuatan rangka menunjukkan bahwa nilai defleksi bahwa nilai defleksi maksimum terjadi pada batang melintang bagian atas yang menumpu motor dan shredder. Lokasi defleksi terlihat jelas pada Gambar 8. Nilai defleksi maksimum untuk rangka dengan tebal 3 mm (desain acuan) tercatat sebesar 33.85 μm . Nilai ini akan digunakan sebagai nilai acuan defleksi dari angka yang baru.



Gambar 8. Kondisi Defleksi Rangka *Plastic Shredder* (Desain Acuan)

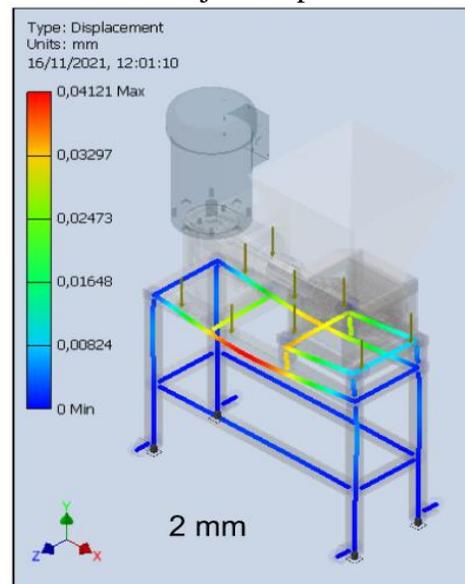
Dengan menyesuaikan ketersediaan material di Indonesia, maka tebal rangka lebih tipis. Bila rangka dibuat menjadi lebih tipis, maka untuk kondisi pembebanan, bahan dan panjang batang yang sama, nilai defleksi akan menjadi lebih besar. Hal ini terlihat pada Gambar 9 bahwa defleksi maksimum rangka

dengan ketebalan 1 mm lebih besar sekitar 2 kali lipat dari defleksi rangka acuan.



Gambar 9. Defleksi Maksimum Rangka *Plastic Shredder* dengan Tebal 1 mm

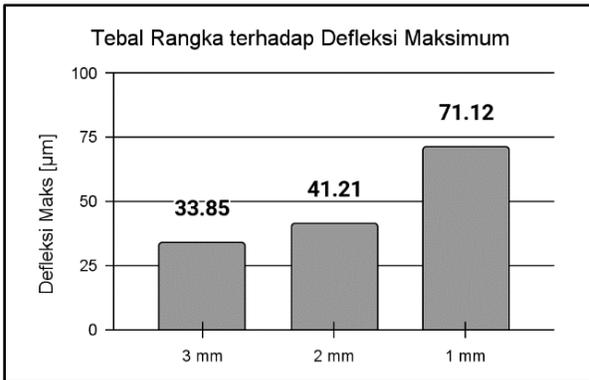
Nilai defleksi maksimum rangka dengan ketebalan 2 mm ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Defleksi Maksimum Rangka *Plastic Shredder* dengan Tebal 2 mm

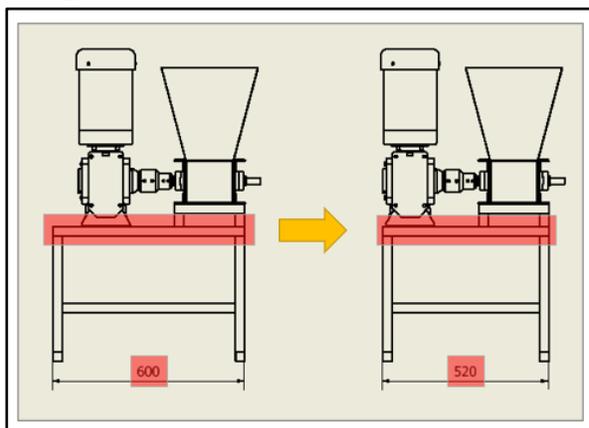
Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai defleksi maksimum dari rangka dengan variasi ketebalan 3 mm, 2 mm dan 1 mm berturut-turut adalah 33,85 μm ; 41,21 μm dan 71,12 μm , seperti ditunjukkan pada Gambar 11. Penurunan ukuran tebal sebesar $\frac{1}{3}$ kali menghasilkan kenaikan nilai defleksi sekitar 2 kali lipat. Ketika dimensi diubah (tebal dikurangi), maka distribusi tegangan pun akan

berubah dan terjadi ketidakseimbangan antara momen inersia dan modulus elastisitas, sehingga mempengaruhi nilai defleksi [8].



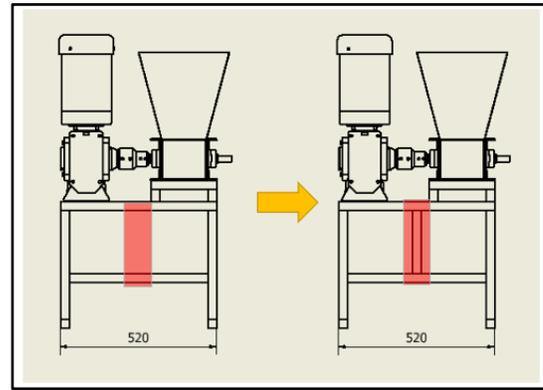
Gambar 11. Perbandingan Nilai Defleksi Maksimum Rangka *Plastic Shredder* dengan Variasi Ketebalan

Dengan menggunakan *square tube* berukuran tebal 1 mm, dilakukan modifikasi desain dengan cara mengurangi panjang rangka sebesar 80 mm, dari semula 600 mm menjadi 520 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 12. Pengurangan panjang batang akan memperkecil nilai momen internal batang tersebut, dimana pada akhirnya akan memperkecil nilai defleksi maksimum [8], [9].



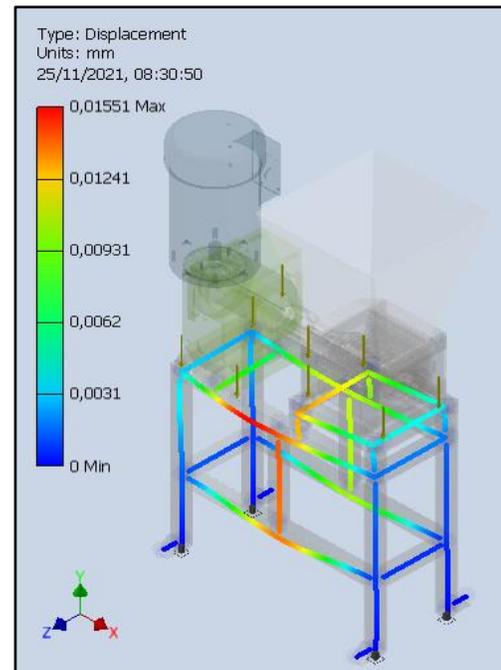
Gambar 12. Modifikasi Panjang Rangka

Selain itu, proses modifikasi dilanjutkan dengan menambahkan tiang penyangga yang berfungsi sebagai penyalur beban antara batang melintang atas dan batang melintang bawah, seperti ditunjukkan pada Gambar 13. Tiang penyangga membantu menyalurkan beban yang diterima rangka, sehingga mengurangi momen internal dan defleksi batang tersebut.



Gambar 13. Modifikasi Penambahan Tiang Penyangga

Hasil akhir modifikasi menunjukkan bahwa nilai defleksi maksimum yang terjadi pada rangka berkurang hampir setengahnya dari nilai defleksi rangka acuan. Nilai defleksi maksimum rangka dari *square tube* berukuran 30 mm x 30 mm x 1 mm dengan beberapa modifikasi rangka dihitung 15,51 µm, seperti ditunjukkan pada Gambar 14. Nilai defleksi dari desain rangka ini dapat dinyatakan lebih baik dari rangka acuan.



Gambar 14. Defleksi Maksimum *Rangka Plastic Shredder* (Modifikasi Desain)

4. Kesimpulan

Analisis struktur rangka *plastic shredder* dilakukan untuk memastikan kekuatan rangka dalam menahan beban. Hasil analisis diperoleh nilai defleksi maksimum dengan ketebalan 3 mm, 2 mm dan 1 mm berturut-turut adalah 33,85 μm ; 41,21 μm dan 71,12 μm . Penurunan ukuran tebal dan panjang batang memperkecil nilai momen internal, sehingga memperkecil nilai defleksi maksimum. Nilai defleksi maksimum dari desain rangka yang telah dimodifikasi sebesar 15,51 μm , lebih baik dari rangka desain acuan.

5. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait uji fungsi *plastic shredder*.

6. Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, L. dan B. Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, and D. P. Sampah, "SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional," 2023. <http://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/> (accessed Apr. 18, 2021).
- [2] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials science and engineering*, 8th ed. John Wiley and Sons Inc., 2009.
- [3] "Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability | International Environmental Technology Centre." <https://www.unep.org/ietc/resources/publication/single-use-plastics-roadmap-sustainability> (accessed Apr. 30, 2024).
- [4] D. Hakkens, "A Big Bang for Plastic Recycling." <https://preciousplastic.com/> (accessed Apr. 15, 2021).
- [5] W. K. Sugandi, A. Yusuf, T. Herwanto, and S. Maulana, "Pengujian Mesin Pencacah Plastik (Studi Kasus bank Sampah Tasikmalaya (BST) di Kecamatan Singaparna, Kabupaten Tasikmalaya)," *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 7, no. 3, pp. 151–159, 2018.
- [6] "Precious plastic - Dave Hakkens." <https://davehakkens.nl/projects/precious-plastic/> (accessed Apr. 15, 2021).
- [7] "DIN EN 10305-5:2010 - Steel tubes for precision applications - Technical delivery conditions - Part 5: Welded cold sized square and rectangular tubes; German version EN 10305-5:2010 (Foreign Standard)." https://webstore.ansi.org/standards/din/din103052010-1360302?gad_source=1&gclid=CjwKC-AjwrcKxBhBMEiwAIVF8rMCN-WXJrkNv-nw1A_9h-cZ_7rDd6YcThxlRxmRQvyeoJdY6SK6R2hoChOUQAvD_BwE (accessed Apr. 30, 2024).
- [8] R. C. Hibbeler, *Mechanics of Materials 8th Edition*. 2011.
- [9] R. C. Hibbeler, *Engineering Mechanic Statics, 13th Edition*. 2013.