

ANALISIS TEGANGAN DAN DISPLACEMENT PADA FRAME ALAT ROLL BENDING

STRESS AND DEFLECTION ANALYSIS ON ROLL BENDING TOOLS FRAME

Hajar Isworo¹⁾, Muhammad Khalil¹⁾, Rusuminto Syahyuniar¹⁾, Adhiela Noer Syaief¹⁾,
Anggun Angkasa Bela Persada¹⁾, Yulima Melsipa Lingga¹⁾, Kurnia Dwi Artika¹⁾
Remo Hadi Saputra¹⁾

¹PoltekNIK Negeri Tanah Laut, Pelaihari, Indonesia

email: hajarisworo@politale.ac.id*, muhammadkhalil@politale.ac.id, rusumintosyahyuniar@politale.ac.id,
adhel_syaief@politale.ac.id, angkasa@politale.ac.id, melsi@politale.ac.id, kurnia.2a@politale.ac.id,
remohadi@gmail.com

Abstract

Received:
30 November
2025

Accepted:
03 Januari
2026

Published:
03 Januari
2026

This study aims to analyze the effect of different frame profiles—square hollow section, angle section, and U-channel—on the mechanical response of a manual roll bending machine frame using numerical simulation. The evaluated parameters include normal stress, displacement, and shear stresses in the Tx and Ty directions. The simulation results indicate that the angle section exhibits the highest normal stress, shear stress, and displacement, reflecting the lowest structural stiffness and the greatest deformation risk. The square hollow section demonstrates the most stable structural performance, characterized by lower stress levels and minimal displacement. Meanwhile, the U-channel shows relatively low stress values but presents potential instability due to its open cross-sectional geometry. Based on these findings, it can be concluded that the square hollow section is the most suitable profile for the main frame of a manual roll bending machine, as it provides higher stiffness, more uniform stress distribution, and minimal deformation, thereby ensuring structural stability and bending precision.

Keywords: Manual Roll Bending, Machine Frame, Numerical Simulation

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi profil rangka, yaitu besi kotak, besi siku, dan besi U, terhadap respons mekanik rangka alat manual roll bending menggunakan simulasi numerik. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan normal, displacement, serta tegangan geser arah Tx dan Ty. Hasil simulasi menunjukkan bahwa profil besi siku menghasilkan nilai tegangan normal, tegangan geser, dan displacement tertinggi, yang mengindikasikan kekakuan struktural paling rendah dan potensi deformasi terbesar. Profil besi kotak menunjukkan kinerja struktural paling stabil dengan nilai tegangan dan displacement yang relatif rendah, sedangkan profil besi U menghasilkan tegangan rendah namun berpotensi mengalami ketidakstabilan akibat penampang terbuka. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa profil besi kotak merupakan pilihan paling sesuai untuk rangka alat manual roll bending karena mampu memberikan kekakuan tinggi, distribusi tegangan yang lebih merata, serta deformasi minimum, sehingga mendukung kestabilan dan presisi proses pembengkokan.

Kata Kunci: Manual Roll Bending, Rangka Alat, Simulasi Numerik

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v7i1

How to cite: Isworo, H., Khalil, M., Syahyuniar, R., Syaief, A. N., Persada, A. A. B., Lingga, Y. M., Artika, K. D., & Saputra, R. H., "Analisis Tegangan Dan Displacement Pada Frame Alat Roll Bending". JTAM ROTARY, 8(1), 37-50, 2026.

PENDAHULUAN

Pada masa globalisasi saat ini, manusia diminta untuk aktif menggunakan kreativitas dan kemampuan berinovasi agar bisa membuat produk yang berkualitas. Ini bertujuan untuk membantu dan mempermudah dalam proses kerja. Hal ini sangat berkaitan dengan dunia industri, terutama dalam pembuatan material logam yang harus memenuhi permintaan yang terus bertambah. Salah satu contohnya adalah industri pembuatan pagar besi yang melalui beberapa tahap seperti desain, pemilihan bahan, pemotongan, pembentukan, pengelasan, pengecatan, dan masih banyak lagi. Selain itu, bahan ini juga dapat dimanfaatkan untuk memproduksi berbagai keperluan alat rumah tangga dan kerajinan dari besi serta baja (Tolettini & Di Maria, 2023)

Pembengkokan adalah proses proses yang mengubah benda dari bentuk lurus menjadi bentuk melengkung .yang mengubah benda dari lurus menjadi bentuk melengkung (Putri *et al.*, 2018). Selama proses ini, proses, bagian luar benda akan mengalami tarikan, sedangkan bagian dalam akan mengalami tekanan. Bagian luar benda akan mengalami tarikan, sedangkan bagian dalam akan mengalami tekanan. Dengan tersedianya tersedianya alat pembengkok besi yang dapat mengurangi jam kerja dan menghasilkan hasil yang lebih memuaskan dengan proses yang sederhana dan cepat serta menghasilkan hasil yang lebih baik dari yang diperoleh sebelumnya ,alat pembengkok besi yang dapat mengurangi jam kerja dan menghasilkan hasil yang lebih memuaskan dengan proses yang sederhana, praktis, dan cepat, serta menghasilkan hasil yang lebih baik dari yang diperoleh sebelumnya.

Setiap alat yang digunakan akan mempunyai karakteristik dan cara pengerjaan yang unik, karakteristik dan metode pengoperasian yang ditentukan akan memerlukan jenis alat tertentu (Rusnandi *et al.*, 2020). Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan suatu perancangan alat pembengkok besi yang secara khusus dapat melaksanakan proses pembengkokan besi terutama untuk besi nako, besi strip, dan besi beton polos.

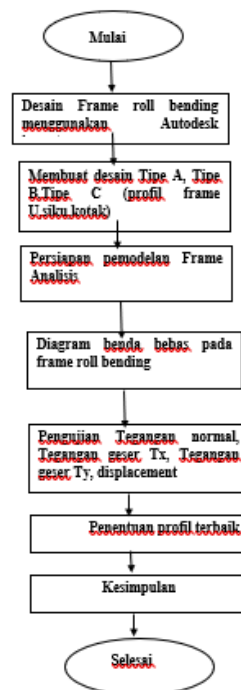


Gambar 1. Roll Bending Manual

Roll bending manual mempunyai bagian yang vital yaitu frame yang dapat dianalisis menggunakan metode permodelan menggunakan software sehingga didapat nilai tegangan defleksi dari hasil pembebanan (Isworo, 2017) (Akbar & Isworo, 2018) (Rudi *et al.*, 2019). Oleh karena itu penulis memilih “Analisis Tegangan dan Displacement Pada Alat Roll Bending”.

METODE PENELITIAN

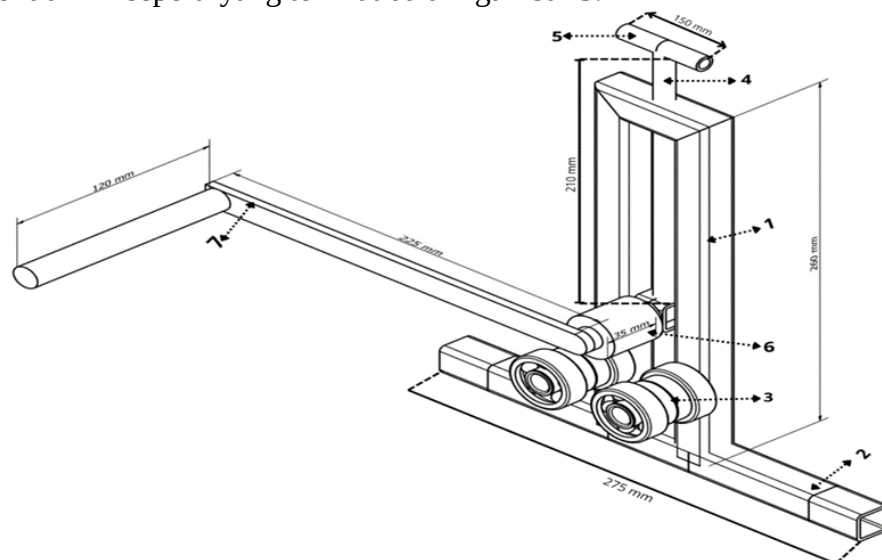
Dalam penelitian ini menggunakan metode seperti yang terlihat dalam gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Rancangan Alat

Rancangan alat menggunakan dimensi dari beberapa referensi yang sudah ada dan dimensi lainnya merupakan penyesuaian sesuai peruntukan alat ini. Rancangan alat dalam penelitian ini seperti yang terlihat dalam gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Alat Roll Bending

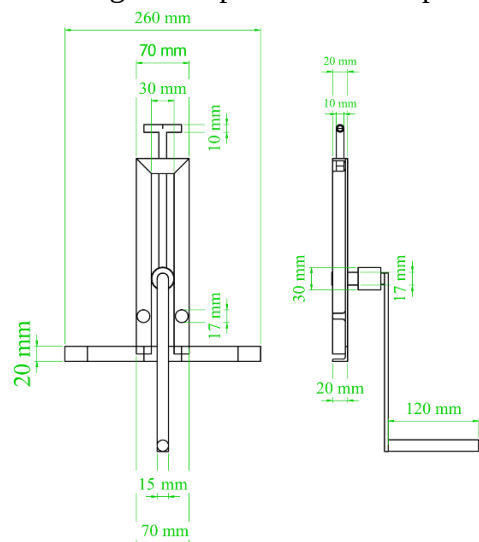
Keterangan:

1. Rangka atas
Rangka ini memastikan posisi roll atas tetap stabil dan dapat bergerak sesuai kebutuhan untuk membentuk benda kerja.
2. Rangka bawah
Rangka ini menyangga seluruh komponen yang berfungsi untuk membengkokkan material.

3. Roller bawah
Roller bawah adalah untuk menopang benda kerja dan mendorongnya saat proses pembentukan.
4. Ulir drat
Ulir drat pada alat roll bending memiliki fungsi sebagai penekan material yang akan dibentuk
5. Tuas atas
Tuas atas digunakan untuk memutar ulir drat, sehingga Menggerakkan roller tengah naik/turun.
6. Roller tengah
Memberi tekanan utama ke material dan bisa naik/turun untuk mengatur radius lengkung.
7. Tuas pengerolan
Memutar roller tengah untuk menggerakkan material maju/mundur, menggulung material secara bertahap sambil dibentuk melengkung, dan mengontrol proses bending selama material lewat di antara roller.

Dimensi Alat Roll Bending

Dimensi dari alat roll bending dalam penelitian ini seperti terlihat dalam gambar 4.



Gambar 4. Dimensi Dari Alat Roll Bending

Diagram Benda Bebas Alat Roll Bending

Diagram Benda Bebas Alat Roll Bending dalam penelitian ini seperti terlihat dalam gambar 5.



Gambar 5. Diagram Benda Bebas Alat Roll Bending

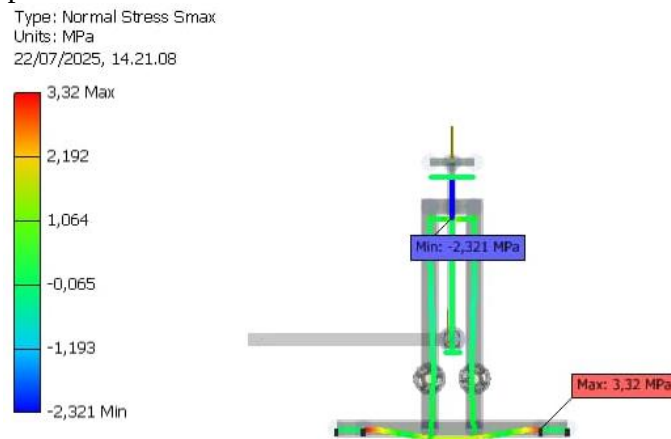
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil simulasi frame atau rangka alat roll bending manual dengan menggunakan beberapa material (besi kotak, besi siku, dan besi U) menggunakan perangkat lunak *autodesk inventor*.

Besi Kotak

a. Hasil simulasi dengan menggunakan besi kotak *normal stress Smax*

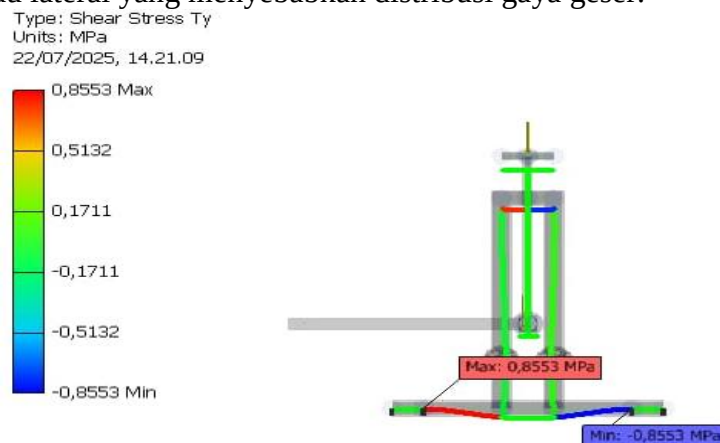
Dari hasil simulasi warna merah menandakan tegangan tertinggi yaitu terdapat pada kaki-kaki yang menghasilkan tegangan maksimal 3,32 Mpa dan warna biru menandakan tegangan terendah yaitu terdapat pada bagian ulir drat yang mendapat nilai tegangan minimum -2,321 Mpa.



Gambar 6. Hasil Simulasi Normal Stress Profil *Frame* Kotak

b. Hasil simulasi dengan menggunakan besi kotak *shear stress Ty*

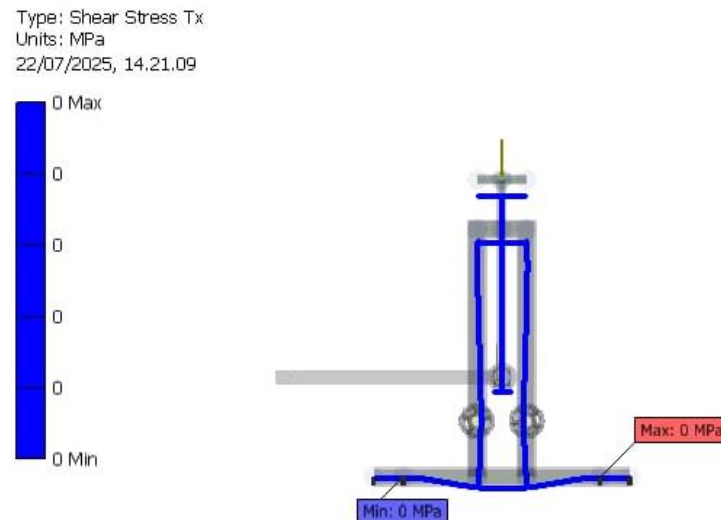
Warna merah menandakan tegangan geser tertinggi 0,8553 MPa, warna biru menandakan tegangan geser terendah 0,8553 MPa. Interpretasinya yaitu tegangan geser yang cukup merata di sepanjang kaki struktur dan batang vertikal. ini menandakan ada beban vertikal atau lateral yang menyebabkan distribusi gaya geser.



Gambar 7. Hasil Simulasi Shear Stress *Ty* Profil *Frame* Kotak

c. Hasil simulasi dengan menggunakan besi kotak *shear stress Tx*

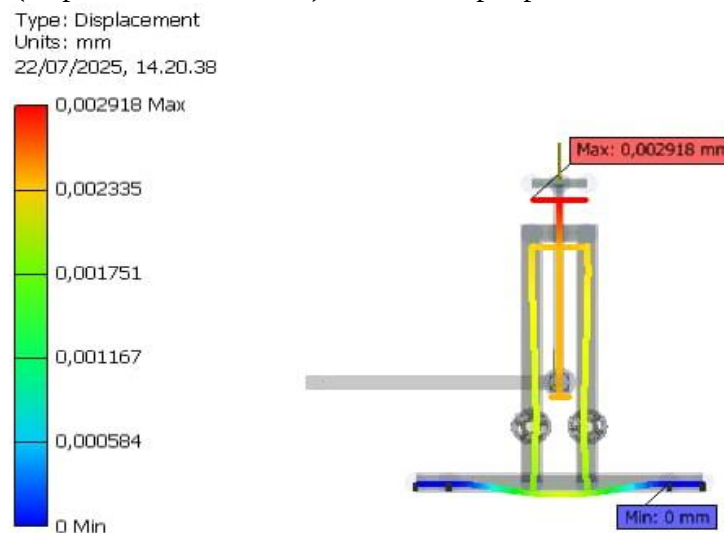
Semua bagian berwarna biru. bar warna dari atas ke bawah menunjukkan 0 Mpa (merah → maksimum) 0 Mpa (biru → minimum). Interpretasinya yaitu tidak ada tegangan geser dalam arah sumbu X pada skenario pembebanan ini. kemungkinan besar ini terjadi karena gaya diterapkan searah sumbu Y dan struktur simetris terhadap sumbu -X.



Gambar 8. Hasil Simulasi Shear Stress Tx Profi Frame Kotak

d. Hasil simulasi dengan menggunakan besi kotak *displacement*

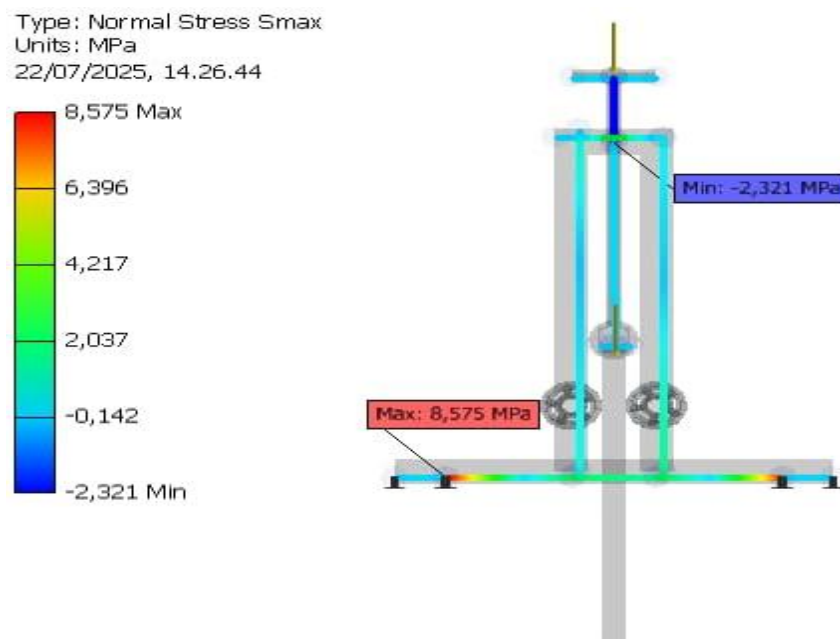
Warna merah (displacement tertinggi) 0,002918 mm terdapat pada ulir drat dan tuas, untuk warna biru (displacement terendah) 0 mm terdapat pada dudukan baut.



Gambar 9. Hasil Simulasi Displacement Profil Frame Kotak

Besi Siku

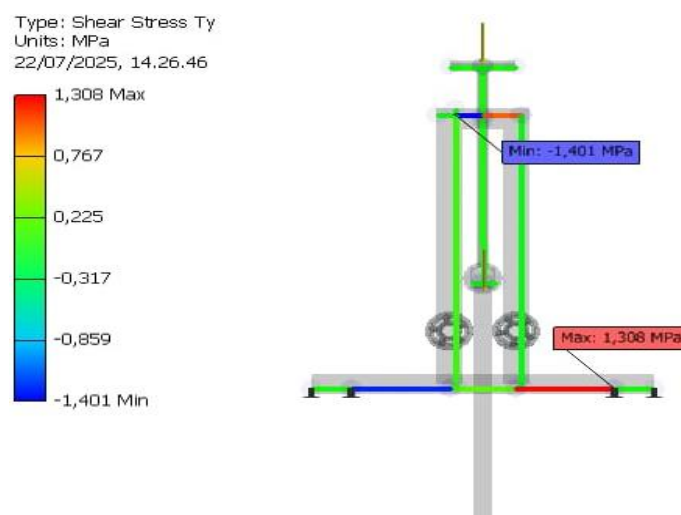
- a. Hasil simulasi dengan menggunakan besi siku *normal stress Smax* Interpretasinya yaitu tegangan tertinggi 8,575 Mpa terdapat pada kaki-kaki dan tergangsan terendah - 2,321 MPa terdapat pada ulir drat.



Gambar 10. Hasil Simulasi Normal Stress

- b. Hasil simulasi dengan menggunakan besi siku *shear stress Ty*

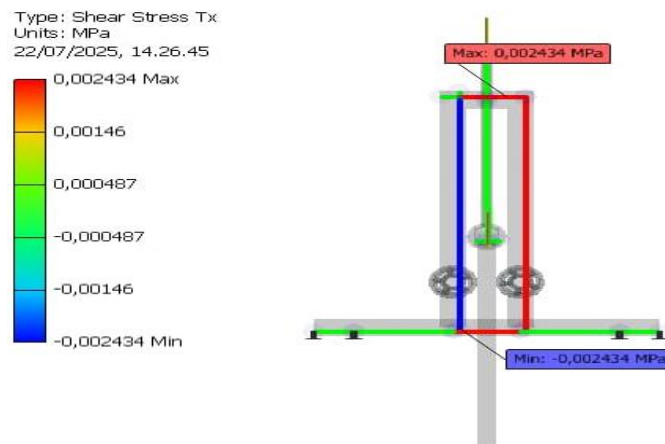
Interpretasinya yaitu tegangan geser arah sumbu Y menunjukkan distribusi gaya geser akibat beban terhadap struktur. warna merah (1,308 MPa) menandakan daerah yang mengalami tegangan geser tertinggi terlihat pada bagian bawah kiri dari struktur. warna biru (-1,401 MPa) menandakan daerah dengan tegangan geser terendah, yaitu sisi bawah kanan.



Gambar 11. Hasil Simulasi Shear Stress Tx Profil Frame Besi Siku

- c. Hasil simulasi dengan menggunakan besi siku *shear stress Tx*

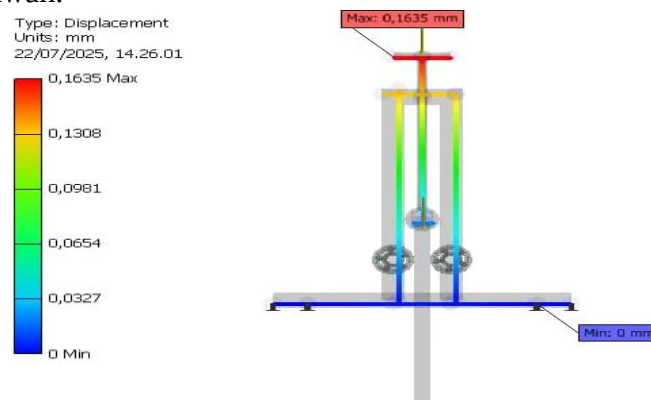
Interpretasinya yaitu tegangan geser sangat kecil nilainya mendekati nol. warna merah menandakan tegangan tertinggi 0,002434 Mpa yang terdapat pada bagian rangka atas sebelah kanan dan di rangka bawah dan warna biru menandakan tegangan terendah yang terdapat pada rangka atas sebelah kiri.



Gambar 12. Hasil Simulasi Shear Stress Ty

d. Hasil simulasi dengan menggunakan besi siku *displacement*

Interpretasinya yaitu warna merah (0,1635 mm) menandakan displacement tertinggi, berada di tuas atas. warna biru (0 mm) menandakan displacement terendah, berada di bagian kaki-kaki bawah.

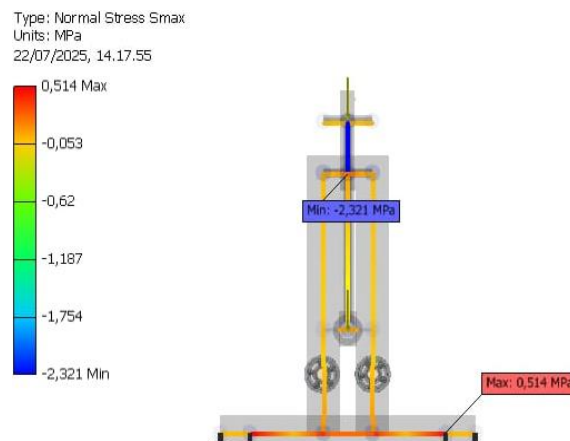


Gambar 13. Hasil Simulasi Displacement

Besi U

a. Hasil simulasi dengan menggunakan besi U *normal stress Smax*

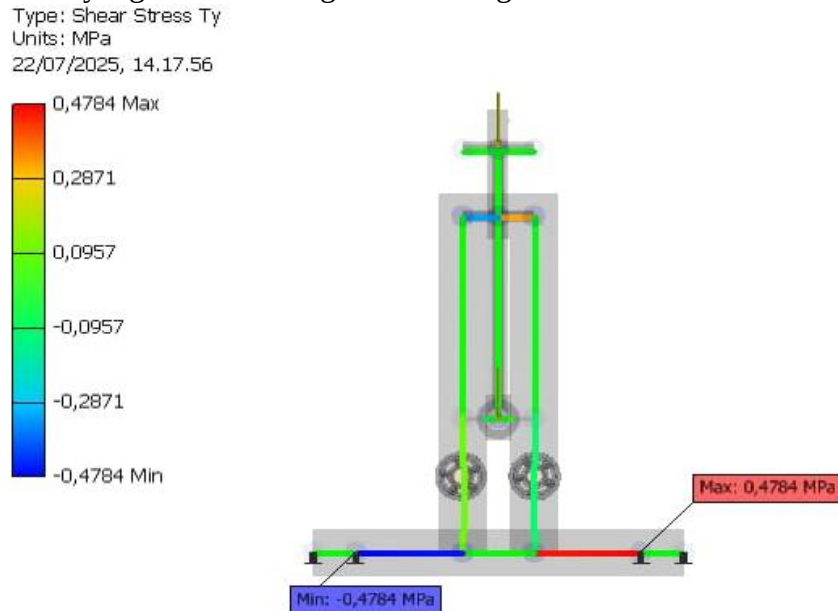
Interpretasinya yaitu warna merah menandakan tegangan tertinggi 0,514 MPa yang berada pada rangka bawah dan untuk warna biru adalah tegangan terendah -2,321 Mpa terdapat pada ulir drat.



Gambar 14. Hasil Simulasi *Normal Stress*

b. Hasil simulasi dengan menggunakan besi U *shear stress Ty*

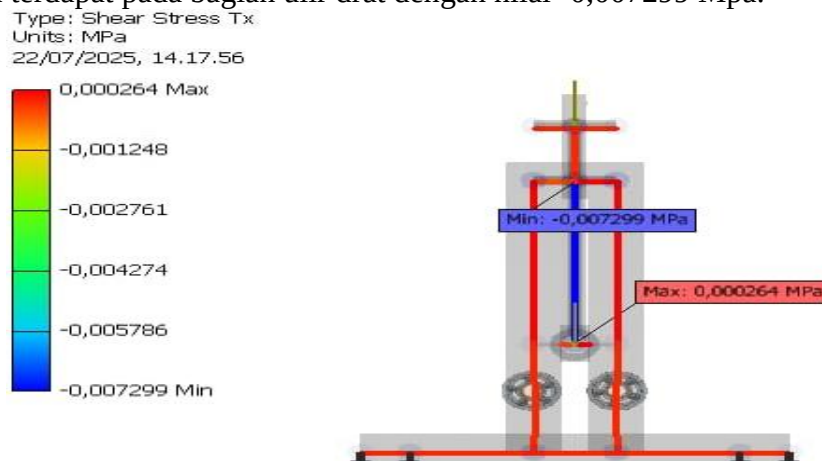
Warna merah menandakan tegangan geser tertinggi 0,4784 Mpa yang terdapat pada rangka bawah pada kaki-kaki kanan dan untuk tegangan terendah berwarna biru dengan nilai -0,4784 MPa yang berada di rangka bawah bagian kaki-kaki kiri.



Gambar 15. Besi U *Shear Stress Ty*

c. Hasil simulasi dengan menggunakan besi U *shear stress Tx*

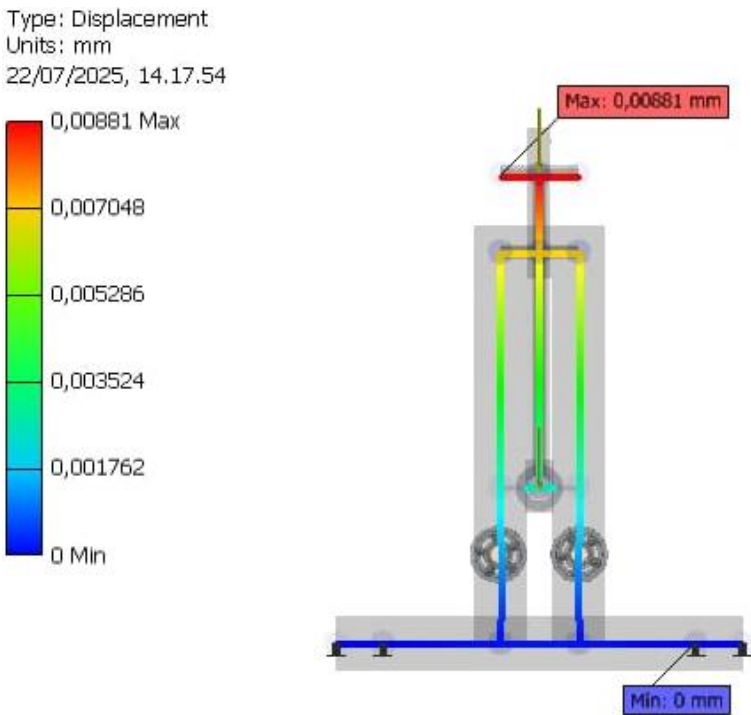
Tegangan geser tertinggi berwarna merah terdapat pada area rangka atas, rangka bawah dan di tuas atas dengan nilai 0,001248 Mpa dan untuk tegangan geser terendah berwarna biru terdapat pada bagian ulir drat dengan nilai -0,007299 Mpa.



Gambar 16. Hasil Simulasi Shear Stress Besi U *Shear Stress Tx*

d. Hasil simulasi dengan menggunakan besi U displacement

Interpresinya yaitu warna merah menandakan displacement tertinggi yang berada pada tuas atas dengan nilai 0,00881 Mpa unuk warna biru menandakan displacement terendah yang ada di area rangka bawah dan kaki-kaki dengan nilai 0 mm.



Gambar 17. Hasil Simulasi Besi U Displacement

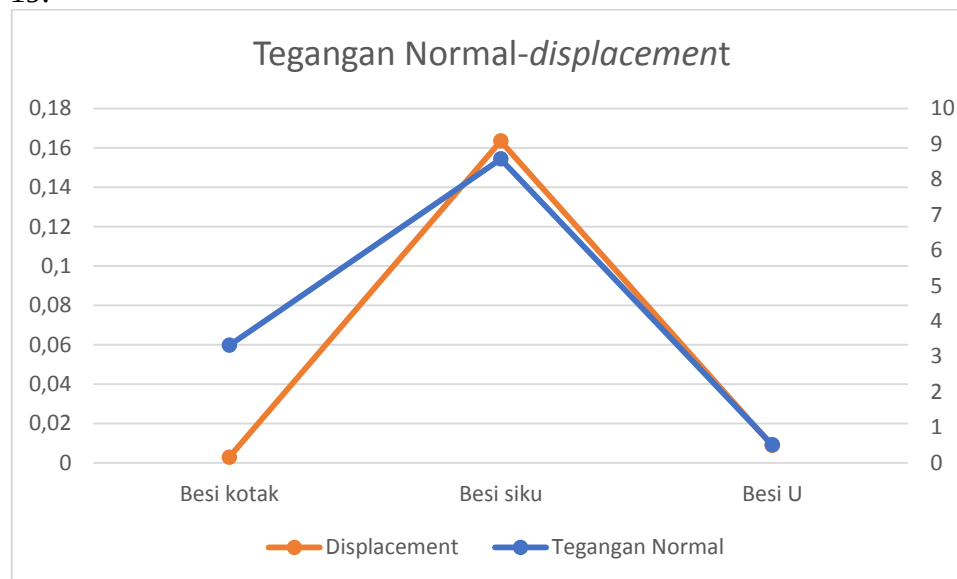
Simulasi Pembebanan Alat Roll Bending

Pada pengujian alat roll bending menggunakan perangkat lunak autodesk inventor dengan menggunakan 3 variasi frame yaitu besi kotak, besi siku, dan besi U masing-masing diberi beban 100 newton menyesuaikan jenis frame yang digunakan, untuk metode pengerolan dengan menggunakan 3 jenis besi yaitu: besi nako diameter 10 mm, besi strip tebal 3 mm dan lebar 20 mm, dan besi beton polos diameter 6 mm masing-masing panjang 100 cm. Dengan menggunakan perangkat lunak autodesk inventor dapat di ketahui tegangan dan displacementnya serta pada metode ini menggunakan 3 variasi material besi yaitu besi kotak, besi siku, dan besi U, masing-masing material diberi beban 100 newton menyesuaikan jenis frame yang digunakan (Islahuddin, 2021). Berikut tabel tegangan dan displacement pada desain alat roll bending.

Tabel 1. Hasil simulasi

No	Material rangka	Beban F1,N	Tegangan dan displacement			
			Normal stress Smax, MPa	Displacement, mm	Shear stress Tx, MPa	Shear stress Ty, MPa
1.	Besi kotak	100 Newton	3,32	0,002918	0	0,8553
2.	Besi siku	100 Newton	8,575	0,1635	0,002334	1,308
3.	Besi U	100 Newton	0,514	0,00881	0,000264	0,4784

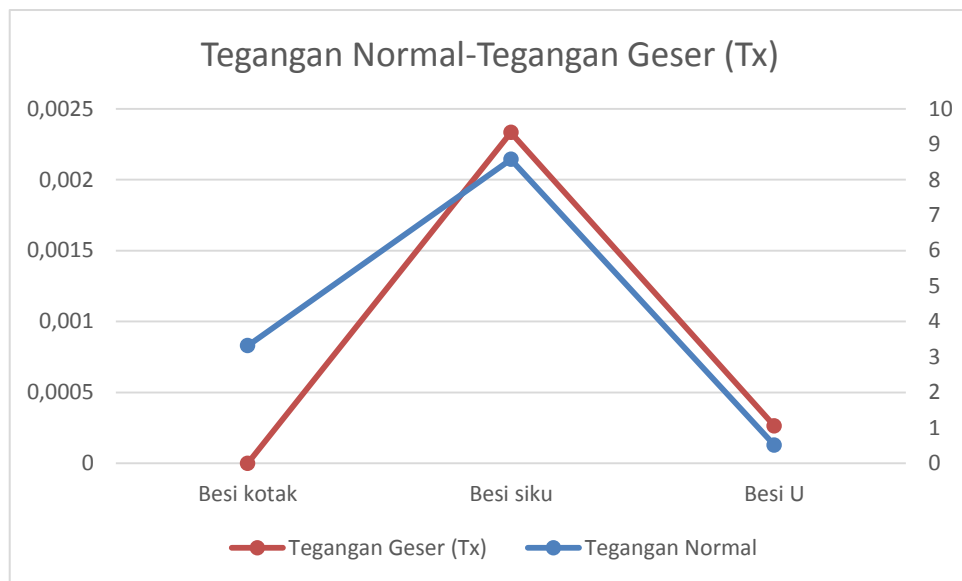
Grafik hasil simulasi pada *autodesk inventor* terlihat seperti pada gambar 18 dan gambar 19.



Grafik 18. Hasil Simulasi Profil Rangka Nilai Tegangan Normal – *Displacement*

Gambar 18 menunjukkan hasil simulasi hubungan antara tegangan normal dan displacement pada tiga variasi profil rangka, yaitu besi kotak, besi siku, dan besi U. Tegangan normal merepresentasikan besarnya respons tegangan akibat pembebanan, sedangkan displacement menunjukkan besarnya deformasi struktural yang terjadi. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa respons mekanik struktur sangat dipengaruhi oleh bentuk penampang dan distribusi momen inersia dari masing-masing profil. Dari grafik dapat dilihat profil besi U mengalami tegangan normal paling rendah yang berarti mampu menahan beban alat bending roll sebesar 0,514 MPa, dan nilai *displacement* sebesar 0,00881 mm.

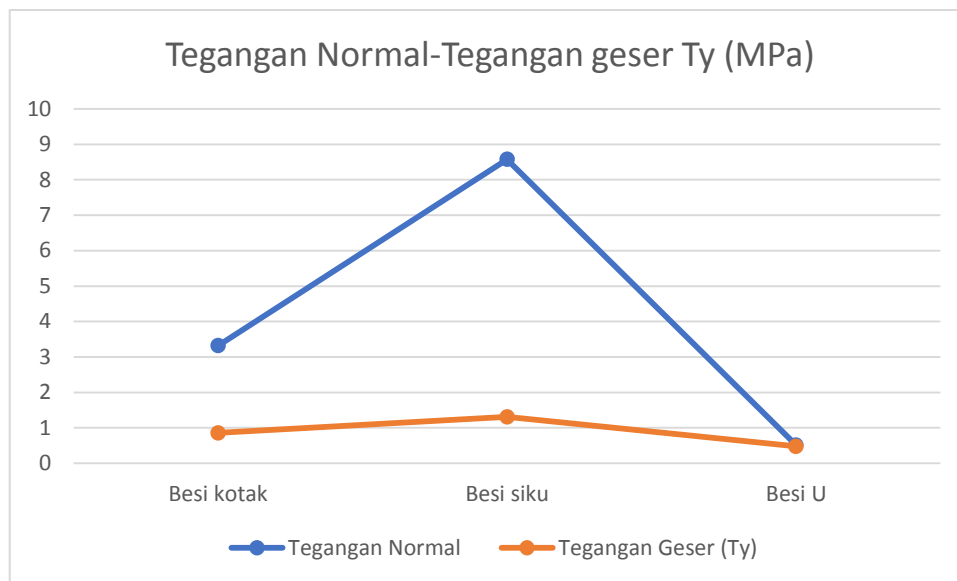
Profil besi siku kurang direkomendasikan untuk aplikasi rangka yang memerlukan kekakuan tinggi dan deformasi minimum. Profil besi kotak lebih sesuai untuk struktur yang membutuhkan keseimbangan antara kekuatan dan kekakuan. Profil besi U berpotensi digunakan pada rangka dengan tuntutan deformasi rendah, namun perlu dikaji lebih lanjut terkait stabilitas tekuk dan arah pembebanan. Dengan demikian, pemilihan profil rangka harus mempertimbangkan tidak hanya kekuatan material, tetapi juga geometri penampang dan karakteristik deformasi (Craig Jr & Taleff, 2020).



Grafik 19. Hasil Simulasi Profil Rangka Nilai Tegangan Normal -Tegangan Geser Tx

Grafik 19 menunjukkan hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser arah Tx pada tiga variasi profil rangka, yaitu besi kotak, besi siku, dan besi U. Tegangan normal mencerminkan respons material terhadap beban aksial atau lentur, sedangkan tegangan geser Tx merepresentasikan respons struktur terhadap gaya geser yang bekerja sejajar sumbu x. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa variasi bentuk penampang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap distribusi tegangan normal maupun tegangan geser pada rangka. Dari grafik dapat dilihat profil besi U mengalami tegangan normal paling rendah yang berarti mampu menahan beban alat bending roll sebesar 0,514 MPa, dan nilai Tx sebesar 0,000264.

Profil besi siku kurang direkomendasikan untuk rangka yang menerima beban geser signifikan karena menghasilkan tegangan normal dan geser tertinggi. Profil besi kotak merupakan pilihan paling aman untuk struktur rangka dengan kombinasi beban normal dan geser, karena menghasilkan tegangan paling rendah. Profil besi U dapat digunakan pada kondisi tertentu, namun memerlukan analisis tambahan terkait arah pembebanan dan potensi tekuk lokal. Pemilihan profil rangka sebaiknya mempertimbangkan kombinasi beban yang bekerja, bukan hanya beban aksial atau lentur semata (Hertzberg *et al.*, 2020).



Grafik 20. Hasil Simulasi Profil Rangka Nilai Tegangan Normal-Tegangan Geser Ty

Grafik 20 memperlihatkan hasil simulasi tegangan normal dan tegangan geser arah Ty pada tiga variasi profil rangka, yaitu besi kotak, besi siku, dan besi U. Tegangan normal (MPa) menggambarkan respons material terhadap beban aksial dan lentur, sedangkan tegangan geser Ty menunjukkan respons struktur terhadap gaya geser yang bekerja pada arah transversal (sumbu y). Hasil simulasi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada besarnya tegangan normal dan tegangan geser antarprofil rangka, yang menegaskan bahwa geometri penampang berperan penting dalam menentukan perilaku mekanik struktur. Dari grafik dapat dilihat profil besi U mengalami tegangan normal paling rendah yang berarti mampu menahan beban alat bending roll sebesar 0,514 MPa, dan nilai Ty sebesar 0,4784 Mpa.

Profil besi siku kurang direkomendasikan untuk rangka yang menerima beban transversal (arah y) yang signifikan, karena menghasilkan tegangan normal dan geser Ty tertinggi. Profil besi kotak merupakan alternatif paling stabil, karena menghasilkan tegangan yang relatif lebih rendah dan seimbang. Profil besi U dapat digunakan pada kondisi pembebanan tertentu, namun perlu dikaji lebih lanjut terkait orientasi pemasangan dan stabilitas struktural. Dengan demikian, pemilihan profil rangka harus mempertimbangkan arah gaya geser dominan, selain besarnya beban aksial dan lentur (Bedford & Liechti, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan yaitu berdasarkan analisis yang telah dilakukan, profil besi kotak direkomendasikan sebagai material rangka utama alat manual roll bending, karena mampu memberikan kestabilan struktural, deformasi minimum, dan ketahanan yang lebih baik terhadap beban kombinasi selama proses pembengkokan. Penggunaan profil besi siku tidak disarankan untuk rangka utama, sedangkan profil besi U dapat digunakan secara terbatas pada bagian sekunder rangka dengan mempertimbangkan arah pembebanan tambahan.

REFERENSI

- Akbar, A., & Isworo, H. (2018). Analisis defleksi engine stand Suzuki Vitara dengan metode simulasi. *Polhasains: jurnal sains dan terapan Politeknik Hasnur.*, 6(01), 13-16.
- Bedford, A., & Liechti, K. M. (2019). *Mechanics of materials*. Springer Nature.
- Craig Jr, R. R., & Taleff, E. M. (2020). *Mechanics of materials*. John Wiley & Sons.
- Hertzberg, R. W., Vinci, R. P., & Hertzberg, J. L. (2020). *Deformation and fracture mechanics of engineering materials*. John Wiley & Sons.
- Islahuddin, I. (2021). Analisis Tegangan Alat Uji Bending Pipa Skala Laboratorium Menggunakan Finite Element Analysis. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 3(1), 201-205.
- Isworo, H. (2017). Permodelan Analisis Pengaruh Tinggi Main Roll Hoop Terhadap Tegangan dan Displacement Pada Mobil Formula Student Automotive Engineering. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 2(1), 37-51.
- Putri, C. R. E., Aulia, T. B., & Saidi, T. (2018). Perilaku Geser Pada Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Setelah Retak Yang Diperbaiki Dengan Injeksi Epoxy. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(4), 799-810.
- Rudi, S., Rachmat, S., Hajar, I., & Femiana, G. (2019). Modeling analysis of the effect of the main roll-hoop length on the strength of Formula Student chassis. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, (4 (7)), 22-29.
- Rusnandi, R., Intang, A., Angkasa, A., & Santosa, R. B. (2020). Perancangan mesin bending untuk pipa berdiameter satu inch menggunakan metode roll bending. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(1), 49-56.
- Tolettini, L., & Di Maria, E. (2023). The impact of industry 4.0 on the steel sector: paving the way for a disruptive digital and ecological transformation. *Recycling*, 8(4), 55.