

Contents list available at [Sinta](https://sinta)**A R M A T U R**

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Analisis Kekuatan Rangka Rak Tanaman Hidroponik Pada *Smart Indoor Farming* Menggunakan *Software Solidworks Simulation* dan *Ansys Workbench*****Deru Mustafa<sup>1\*</sup>, Boni Sena,<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Deru Mustafa, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang<sup>2</sup>Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia**A R T I C L E  
I N F O**

*Keywords:*  
*energy conversion*  
*design*  
*manufacture*  
*materials processing*  
*mechanical engineering*

**A B S T R A C T**

*Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia meningkatkan kebutuhan lahan untuk berbagai aktivitas, sehingga terjadi persaingan penggunaan lahan yang mengurangi ruang pertanian akibat dominasi kebutuhan industri dan pemukiman. Dalam era pertanian modern, sistem hidroponik menjadi semakin populer karena kemampuannya untuk menumbuhkan tanaman dalam lingkungan yang terkontrol tanpa tanah. Salah satu komponen kritis dalam sistem ini adalah rak tanaman, yang harus dirancang agar cukup kuat untuk menahan beban tanaman, air, dan perlengkapan lainnya, tujuan penelitian ini mengevaluasi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan pada rangka rak dalam berbagai skenario beban, guna memastikan keandalan dan keamanan struktur dalam kondisi operasional yang berbeda. Metodologi penelitian ini melibatkan pembuatan model 3D dari rangka rak menggunakan SolidWorks, yang kemudian di simulasikan menggunakan Solidworks Simulation dan ANSYS Workbench, analisis kekuatan mencakup evaluasi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan di berbagai titik kritis pada rangka rak. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain rangka rak tanaman hidroponik yang dianalisis memiliki tegangan dan deformasi yang berada dalam batas aman sesuai dengan standar industri. Perbandingan antara hasil*

\*Corresponding author: [derumustafa7@gmail.com](mailto:derumustafa7@gmail.com)

DOI: <https://10.24127/armatur.v4i1.3266>

Received 31 Mei 2024; Received in revised form 03 Agustus 2024; Accepted 24 September 2024

Available online 30 September 2024

## **PENDAHULUAN**

Seiring berjalannya waktu, pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan. Fenomena ini memicu perluasan kegiatan yang dijalankan oleh penduduk, berimbas pada peningkatan kebutuhan lahan karena adanya kebutuhan tempat untuk melaksanakan aktivitas. Akibatnya, terjadi persaingan dalam penggunaan lahan, terutama di daerah yang sedang mengalami perkembangan, mengakibatkan ketersediaan lahan yang sangat terbatas. Persaingan ini turut menyempitkan ruang lahan pertanian karena dominasi kebutuhan untuk kegiatan industri dan pemukiman[1] Indonesia, sebagai negara agraris, memiliki 40% dari mayoritas penduduknya yang menggantungkan mata pencahariannya pada sektor pertanian. Status Indonesia sebagai negara agraris dipengaruhi oleh kenyataan bahwa sebagian besar penduduknya terlibat dalam kegiatan pertanian, selain itu, keberadaan pegunungan yang subur juga turut berperan. Lahan pertanian di Indonesia menjadi subur karena faktor iklim tropis yang mendukung proses pelapukan batuan dengan optimal, menyebabkan tanah menjadi subur.[2]

Kabupaten Karawang merupakan salah satu wilayah lumbung padi di Jawa Barat, lahan pertanian di Karawang salah satu aset yang vital bagi wilayah tersebut, telah lama menjadi penopang utama dalam menghadapi krisis di Karawang. Namun, perlu disadari bahwa setiap tahunnya, luas lahan pertanian mengalami pergeseran fungsi dari sawah ke lahan non-sawah. Pergeseran fungsi lahan pertanian ini memiliki dampak yang signifikan, terutama dalam dimensi sosial dan ekonomi. Menurut Somaji (1994), perubahan ini dapat mengakibatkan penurunan porsi dan pendapatan petani yang terlibat dalam alih

fungsi lahan, sementara pendapatan dari sektor non-pertanian cenderung meningkat.[3]

Data statistik Kabupaten Karawang tahun 2001-2014 telah dianalisis untuk mengevaluasi produksi dan produktivitas padi. Temuan penelitian menunjukkan bahwa selama periode 2000-2013, luas lahan sawah mengalami penurunan signifikan dari 116.268 hektar menjadi 103.866 hektar. Perubahan terbesar terjadi dalam penggunaan lahan, khususnya peralihan dari sawah menjadi pemukiman. Luas pemukiman, yang mencakup area tempat tinggal dan tempat bekerja, meningkat tajam dari 11.759 hektar pada tahun 2000 menjadi 30.155 hektar pada tahun 2013. Perubahan dominan juga terjadi dalam penggunaan lahan sawah dan lahan pertanian kering. Penurunan rata-rata luas lahan sawah selama periode tersebut mencapai 0,93% per tahun di Kabupaten Karawang. Penurunan ini berdampak pada kontribusi produksi beras dari wilayah tersebut, dengan menyumbang penurunan sebesar 5% dalam kurun waktu 13 tahun terakhir. [4]

Sebagai solusi dari permasalahan ini maka dibuat lah tanaman hidroponik sebagai pengganti pertanian sawah. Hidroponik adalah metode penanaman tanaman tanpa menggunakan media tumbuh dari tanah. Secara harafiah hidroponik berarti penanaman dalam air yang mengandung campuran hara.[5]

Tanaman mempunyai karakteristik yang berbeda sehingga tidak semua tanaman dapat dibudidayakan secara hidroponik. Hidroponik sendiri memiliki banyak jenis yaitu *wick system*, *nutrient film technique*, *deep water culture (dwc)*, *drip system*, *ebb and flow system (flood and drain system)*[6]

Tanaman hidroponik sendiri biasanya menggunakan sistem NFT

(*nutrient film technique*) sistem budidaya yang memungkinkan akar tanaman tumbuh pada susunan gizi yang dangkal dan DFT (*deep flow technique*)/metode penggenangan air dalam mendistribusikan air serta nutrisi pada tanaman, sehingga material yang dipakai logam, kayu, plastik, aluminium dan lain - lain. [7]

Dalam menentukan material rangka rak hidronik disesuaikan berdasarkan beban yang dibutuhkan akan dilakukan analisis terhadap kekuatan rak tanaman hidroponik yang menggunakan material *aluminium alloy* agar kita mengetahui rangka yang lebih efisien dan ekonomis untuk kebutuhan budidaya tanaman hidroponik

Ratmono (2021) pada penelitian ini melakukan proses perhitungan dan analisis CAE pada *frame smart farmshelf*, rancangan frame memiliki tegangan *stress* sebesar 29.926.350 N/m<sup>2</sup>, *displacement* sebesar 1,671 mm, dan *factor of safety* sebesar 3. Hasil ini membuktikan bahwa rancangan *frame* aman untuk digunakan [8]

Hizba (2024) penelitian ini merancang dan mensimulasikan struktur Adjustable Rak yang cocok untuk penggunaan di gudang e-commerce, penelitian ini menghasilkan desain yang efektif dan efisien. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rak yang dirancang mampu menanggung beban statis melebihi 500 N dengan aman, dengan nilai tegangan maksimum 64.39 MPa dan perpindahan maksimum sekitar 1.802 mm [9]

Pada penelitian ini juga akan dilakukan perbandingan *analysis structural* atau beban untuk mengetahui seberapa kekuatan rangka pada rak tanaman hidroponik, dimana yang memiliki tujuan untuk mencari efisiensi sebelum membuat rangka tanaman dengan mencari variabel tegangan maksimum (*stress maximum*), defleksi maksimum (*deflection maximum*), dan faktor keamanan (*safety factor*) pada rangka.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pembuatan dan pengujian komponen menggunakan software engineer yaitu ;

### a. Solidworks

SolidWorks adalah perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) yang digunakan untuk membuat model 3D. Dikembangkan oleh *dassault systemes*, solidworks memiliki kemampuan yang sangat baik dalam pembuatan model dan kecepatan dalam melakukan perubahan model, sehingga model yang dibuat menjadi mudah diproduksi dan diuji prototipenya. Selain itu, solidworks juga digunakan untuk membuat gambar teknik, simulasi, dan analisis.[10]



Gambar 1. Logo Solidworks

### b. Material

Aluminium merupakan salah satu logam paling banyak yang terkandung di bumi. Aluminium adalah logam yang berlimpah, ringan, kuat, mudah dibentuk, dan non-magnetik. Dengan karakteristik ini, menjadikan aluminium sebagai bahan yang sangat baik untuk meringkai struktur, kabel, dan bingkai jendela[11].

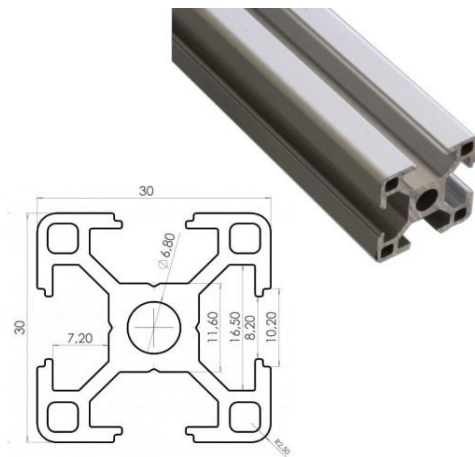
Physical Properties	Metric	English
Density	2.7 g/cc	0.0975 lb/in <sup>3</sup>
<b>Mechanical Properties</b>		
Hardness, Brinell	60	60
Hardness, Knoop	83	83
Hardness, Vickers	70	70
Ultimate Tensile Strength	186 MPa	27000 psi
Tensile Yield Strength	145 MPa	21000 psi
Elongation at Break	12 %	12 %
Modulus of Elasticity	68.9 GPa	10000 ksi
Poisson's Ratio	0.33	0.33
Fatigue Strength	68.9 MPa	10000 psi
Shear Modulus	25.8 GPa	3740 ksi
Shear Strength	117 MPa	17000 psi

Gambar 2. Spesifikasi Material

Pada penelitian ini pemilihan material berdasarkan pendekatan harga, kekuatan

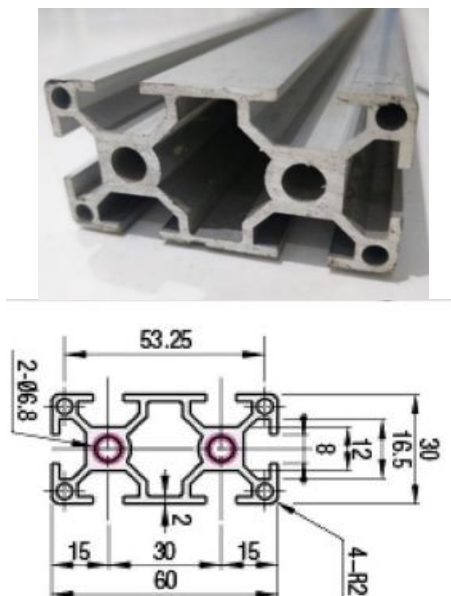
dan ketersediaan. material rangka yang digunakan untuk desain adjustable rak adalah aluminium ekstrusi dengan tipe profil 3030 dan 3060. aluminium ekstrusi/profile terbuat dari bahan material berupa *aluminium alloy* 6063-t5 (A16063-T5) yang merupakan salah satu jenis *aluminium alloy* yang digolongkan pada seri 6xxx [12]. seri ini dibuat dengan memadukan logam silikon dan magnesium sebagai bahan paduan utama dari aluminium. berikut jenis aluminium yang digunakan :

- Aluminium Ekstrusi 3030



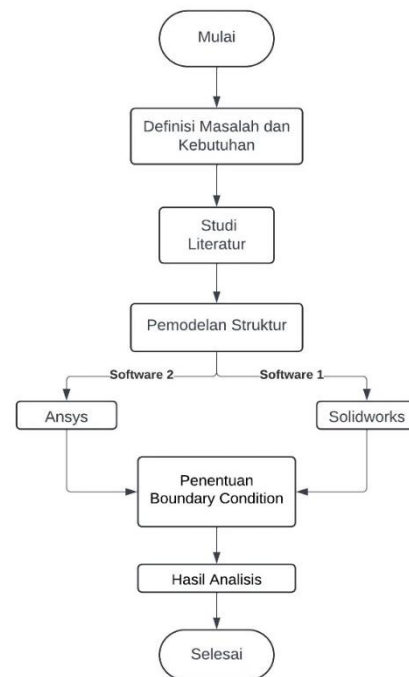
**Gambar 2.** Aluminium Ekstrusi 3030

- Aluminium Ekstrusi 3060



**Gambar 3.** Aluminium Ekstrusi 3060

### c. Flowchart



**Gambar 5.** Flowchart

#### 1. Definisi Masalah dan Kebutuhan

Mencari masalah terhadap rak ini lalu menentukan apa yang ingin dicapai melalui analisis struktural ini (misalnya, keamanan, kestabilan, ekonomi) dan juga mentukan beban yang akan dialami struktur dan kondisi batas yang mengikatnya.

#### 2. Studi Literatur

Proses ini yaitu menyiapkan materi yang akan digunakan dalam proses penelitian ini. Materi – materi yang dikumpulkan diperoleh dari jurnal jurnal atau buku yang membahas tentang konsep pada analisis beban maupun tentang konsep pembebanan.

#### 3. Pemodelan Struktur

Proses ini yaitu membuat suatu model rak tanaman hidroponik yang akan di uji simulasi. Proses pemodelan ini menggunakan software solidworks dan ansys, kemudian dilakukan simulasi

#### 4. Penentuan Boundary Condition

Pada proses ini, dilakukan penentuan kondisi batas pada simulasi dengan menentukan beban, menentukan material, dan menentukan mesh. Adapun beban yang digunakan yaitu 500 newton

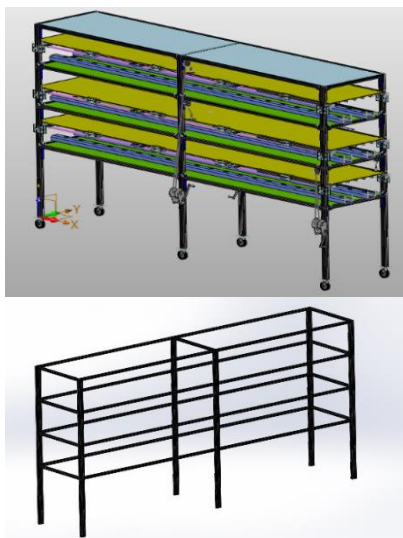
#### 5. Hasil Analisis

Proses ini menentukan solusi yang dimana hasil apa yang mau ditampilkan oleh software ansys dan solidworks. Adapun solusi yang dipilih yaitu *stress*, *deformation* dan *safety of factor* dengan menganalisa data yang sudah dimasukkan sesuai dengan jenis material yang akan disimulasikan. Proses analisa kemampuan material ini menggunakan FEA sehingga hasilnya akan dapat dibentuk kesimpulan dari proses yang sudah didapat.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan 2 jenis rak yaitu rak tanaman hidroponik 3 lantai dan rak tanaman hidroponik 2 lantai.

#### A. Rak Tanaman Hidroponik 3 Lantai

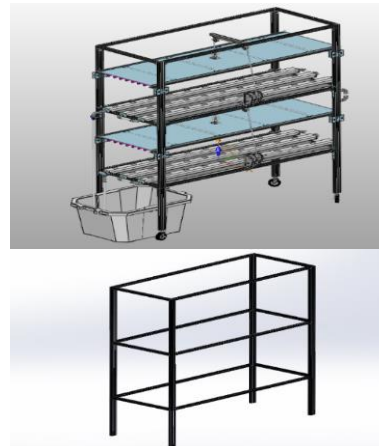


Gambar 6. Rak Tanaman Hidroponik 3 Lantai

Panjang 4m, lebar 0.8m dan tinggi 2 meter. Material *aluminium alloy* 6063 – T5. Pembebanan simulasi terletak pada 6 kaki

rangka dan di simulasikan dengan berat 50 kg atau 500 newton

#### B. Rak Tanaman Hidroponik 2 Lantai



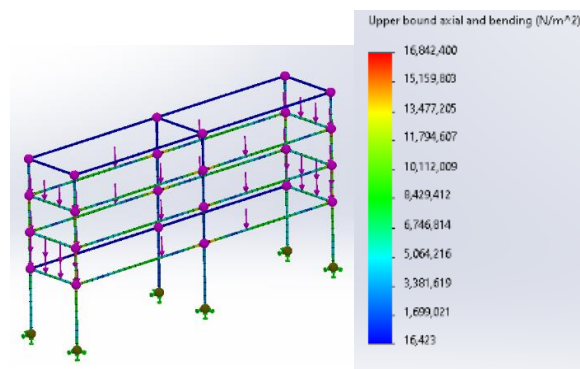
Gambar 7. Rak Tanaman Hidroponik 2 Lantai

Panjang 2m, lebar 0.8m dan tinggi 2.4 meter. Material *aluminium alloy* 6063 – T5. Pembebanan simulasi terletak pada 4 kaki rangka dan di simulasikan dengan berat 50 kg atau 500 newton/1

#### C. Analisis Menggunakan Solidworks

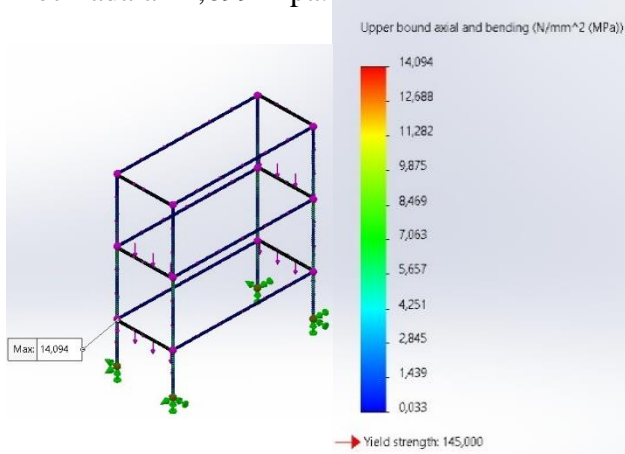
##### a. *Stress*

Tegangan (*stress*) adalah gaya yang bekerja pada permukaan seluas satu satuan. Tegangan merupakan besaran skalar yang memiliki satuan  $N \cdot m^{-2}$  atau Pascal (Pa). Tegangan pada sebuah benda menyebabkan benda itu mengalami perubahan bentuk. Tegangan itu sendiri merupakan gaya reaksi atau gaya yang bekerja untuk mengembalikan suatu benda, kepada bentuk semula persatuan luas yang terbagi rata pada permukaannya.



Gambar 8. *Stress* rak 3 lantai (Tegangan)

Dari gambar rak 3 lantai diatas, analisis distribusi *stress*/tegangan menggunakan perangkat lunak solidwork ditunjukkan dengan warna merah untuk tegangan maksimum yang terjadi pada ujung sambungan dari permukaan yang dikenai beban dengan besar nilainya adalah 16,842 MPa sedangkan untuk nilai *stress* paling kecil adalah 1,699 Mpa.



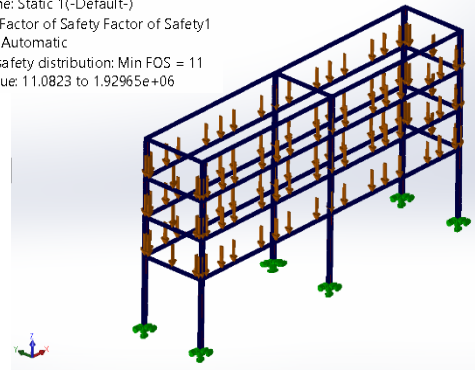
**Gambar 9.** *Stress* rak 2 lantai (Tegangan)

Dari gambar rak 2 lantai diatas, analisis distribusi *stress*/tegangan menggunakan perangkat lunak solidwork ditunjukkan dengan warna merah untuk tegangan maksimum yang terjadi pada ujung sambungan dari permukaan yang dikenai beban dengan besar nilainya adalah 14,094 MPa sedangkan untuk nilai *stress* paling kecil adalah 0,033 MPa yang terjadi pada rangka samping dikarenakan tidak adanya kontak beban

**b. Factor Of Safety**

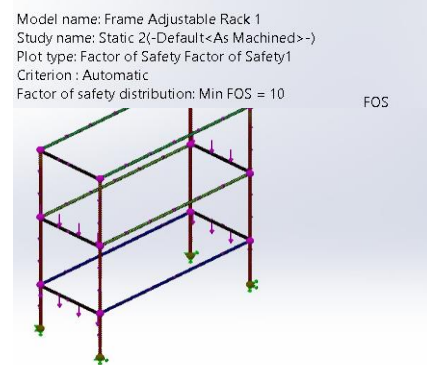
*Safety factor* digunakan banyak analisis sebagai parameter keberhasilan atau kegagalan dalam suatu analisis tersebut dan agar terjamin keamanannya. Dengan melakukan simulasi *factor of safety* dapat diketahui nilai keamanan dari kerangka ini apabila dikenai beban. Setelah hasil proses analisis tegangan telah diketahui maka nilai perbandingan antara besar yield strength terhadap tegangan yang dihasilkan oleh pembebanan yang diberikan (*safety factor*) dapat diketahui. Dengan rumus *safety factor* yang dapat digunakan yaitu sebagai berikut:

Model name: Rak New Revisi.stp  
 Study name: Static 1(-Default-)  
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
 Criterion: Automatic  
 Factor of safety distribution: Min FOS = 11  
 Global value: 11.0823 to 1.92965e+06



**Gambar 10.** *Factor of Safety* rak 3 lantai

Berdasarkan gambar hasil simulasi rak 3 lantai di atas *factor of safety* yang didapat yaitu 11 sehingga dapat disimpulkan bahwa material Al6063-T5 kuat untuk menahan beban yang diberikan.

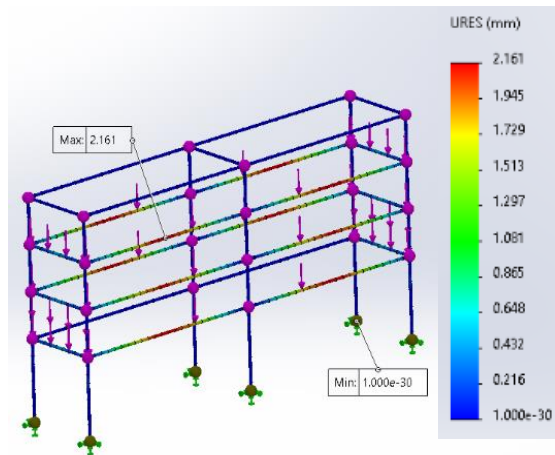


**Gambar 11.** *Factor of Safety* 2 lantai

Berdasarkan gambar hasil simulasi rak 2 lantai di atas *factor of safety* yang didapat yaitu 10 sehingga dapat disimpulkan bahwa material Al6063-T5 kuat untuk menahan beban yang diberikan.

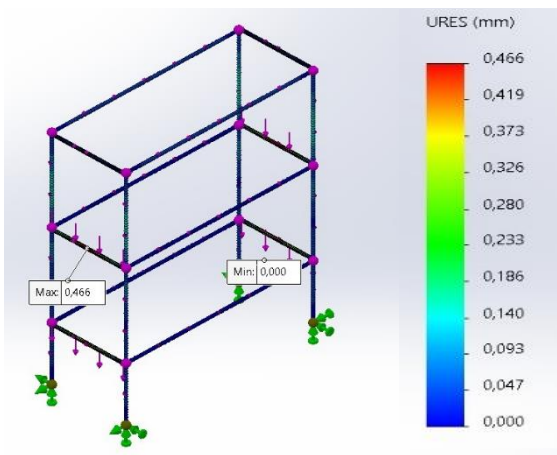
**c. Displacement**

*Displacement* (Perpindahan) yaitu perpindahan material dari titik awal ke titik akhir yang sudah terkena gaya tekan atau beban (*force*) dari proses pengepresan atau kontak langsung.



Gambar 12. Displacement Rak 3 Lantai

Hasil analisis pada rak 3 lantai diatas perubahan (*displacement*) maksimum sehingga terjadi deformasi ditunjukkan dengan warna merah dengan nilai 2,161 mm (sedikit terjadi deformasi) dan perubahan minimum ditunjukkan dengan warna biru dengan nilai 0. hal ini menunjukkan bahwa material dan bentuk rangka yang sudah dibuat dalam kategori aman.

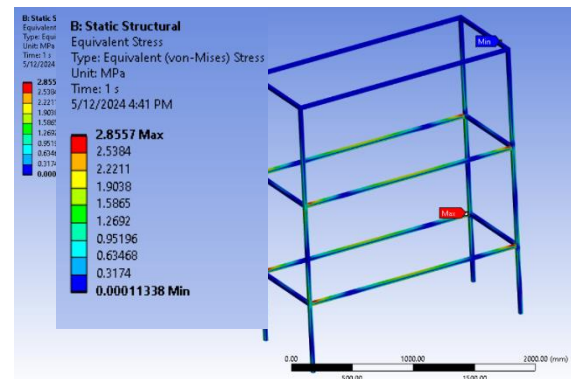


Gambar 13. Displacement Rak 2 Lantai

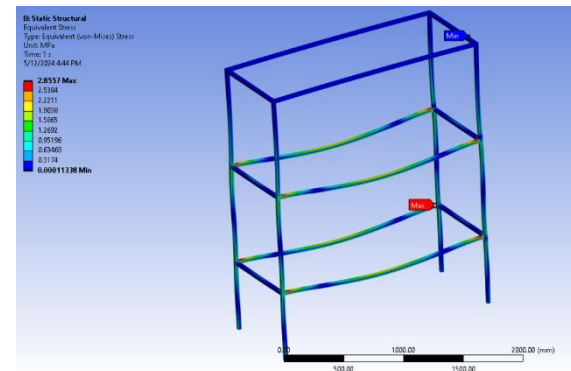
Hasil analisis pada rak 2 lantai diatas perubahan (*displacement*) maksimum sehingga terjadi deformasi ditunjukkan dengan warna merah dengan nilai 0,466 mm (sedikit terjadi deformasi) dan perubahan minimum ditunjukkan dengan warna biru dengan nilai 0. hal ini menunjukkan bahwa material dan bentuk rangka yang sudah dibuat dalam kategori aman.

## D. Analisis Menggunakan Ansys

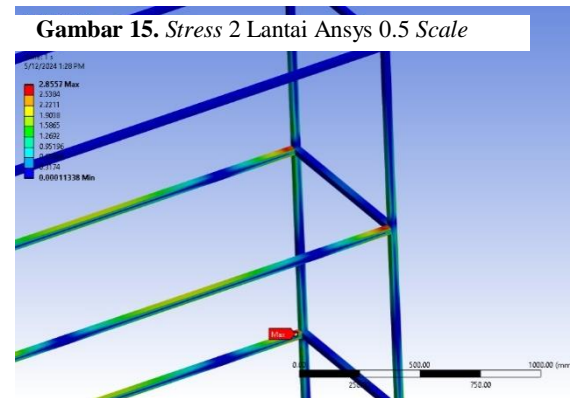
### a. Stress



Gambar 14. Stress 2 Lantai Ansys True Scale



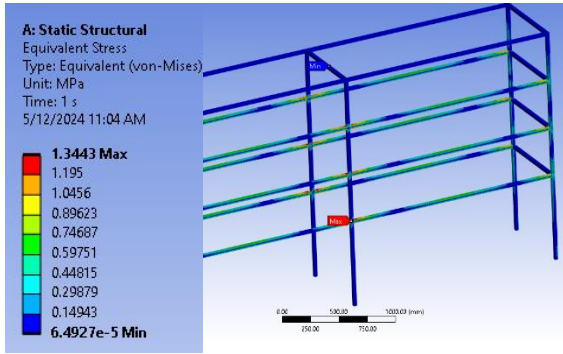
Gambar 15. Stress 2 Lantai Ansys 0.5 Scale



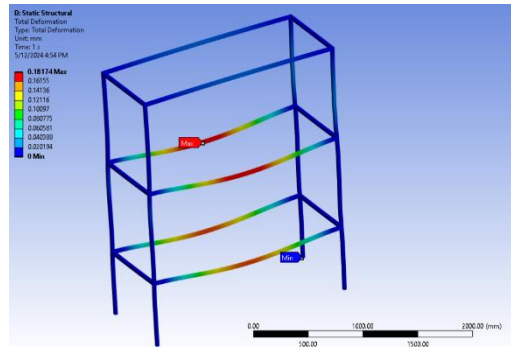
Gambar 16. Stress 2 Lantai Ansys Zoom

Dari gambar rak 2 lantai diatas, analisis distribusi *stress*/tegangan menggunakan perangkat lunak Ansys ditunjukkan dengan warna merah untuk tegangan maksimum yang terjadi pada ujung sambungan dari permukaan yang dikenai beban dengan besar nilainya adalah 2,85 MPa sedangkan untuk nilai *stress* paling kecil adalah 0,00011 Mpa.

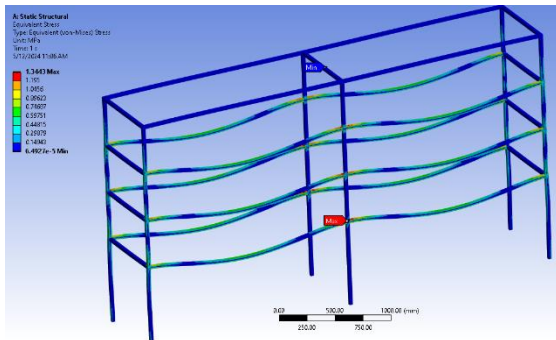
$$Sf = \frac{\sigma \text{ yield strength}}{\sigma \text{ max von mises}}$$



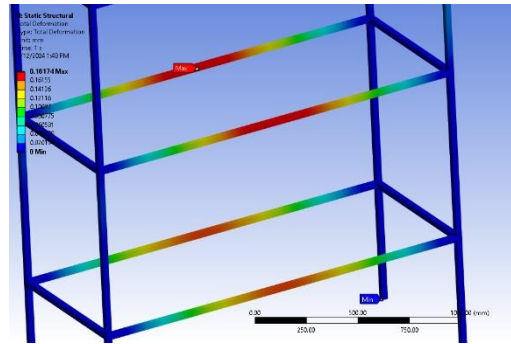
Gambar 17. Stress 3 Lantai Ansys Real Scale



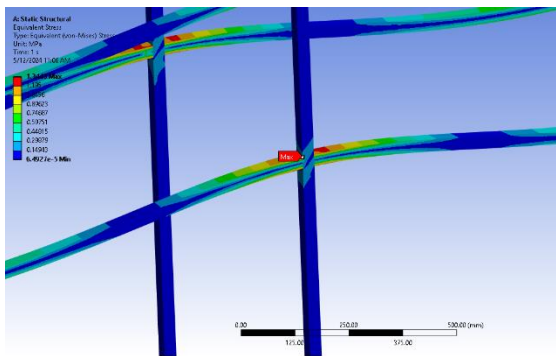
Gambar 21. Deformation 2 Lantai Ansys 0.5 Scale



Gambar 18. Stress 3 Lantai Ansys 0,5 Scale



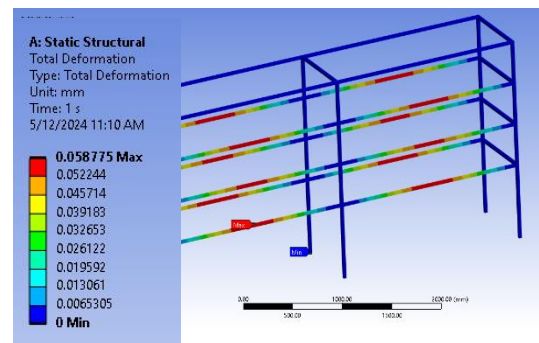
Gambar 22. Deformation 2 Lantai Ansys Zoom



Gambar 19. Stress 3 Lantai Ansys Zoom

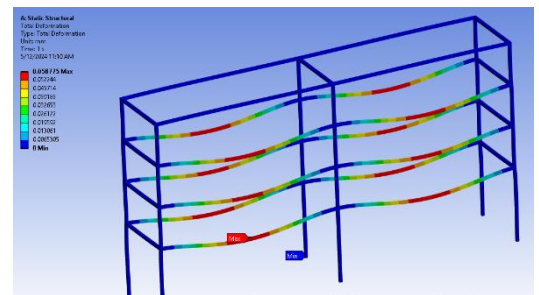
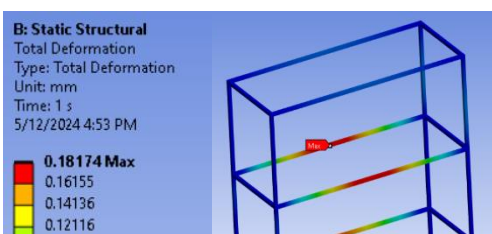
Hasil analisis pada rak 2 lantai diatas perubahan (*displacement*) maksimum sehingga terjadi deformasi ditunjukkan dengan warna merah dengan nilai 0,18174 mm (sedikit terjadi deformasi) dan perubahan minimum ditunjukkan dengan warna biru dengan nilai 0. hal ini menunjukkan bahwa material dan bentuk rangka yang sudah dibuat dalam kategori aman.

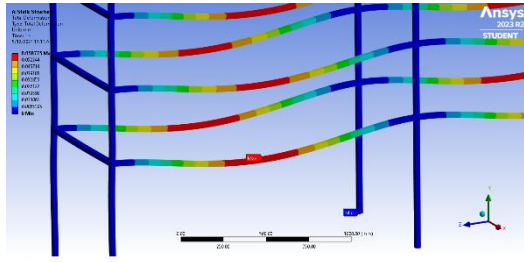
Dari gambar rak 3 lantai diatas, analisis distribusi *stress*/tegangan menggunakan perangkat lunak ansys ditunjukkan dengan warna merah untuk tegangan maksimum yang terjadi pada ujung sambungan dari permukaan yang dikenai beban dengan besar nilainya adalah 1,3443 MPa sedangkan untuk nilai *stress* paling kecil adalah 0.00006 Mpa.



Gambar 23. Deformation 3 Lantai Ansys Real Scale

**b. Displacement**



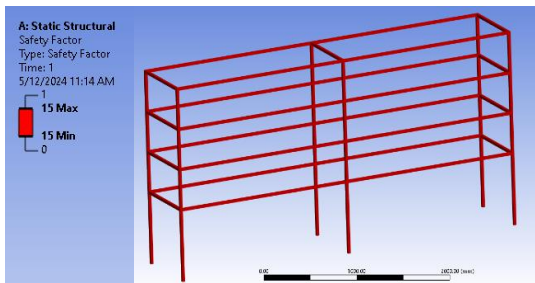


Gambar 25. Deformation 3 Lantai Ansys Zoom

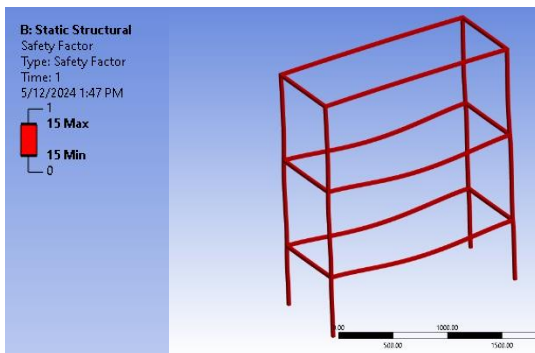
Hasil analisis pada rak 3 lantai diatas perubahan (*displacement*) maksimum sehingga terjadi deformasi ditunjukkan dengan warna merah dengan nilai 0,058 mm (sedikit terjadi deformasi) dan perubahan minimum ditunjukkan dengan warna biru dengan nilai 0. hal ini menunjukkan bahwa material dan bentuk rangka yang sudah dibuat dalam kategori aman.

**c. Factor of Safety**

Berdasarkan gambar hasil simulasi ansys rak 3 lantai dan 2 lantai mendapatkan *factor of safety* yang sama yaitu 15, sehingga dapat disimpulkan bahwa material Al6063-T5 kuat untuk menahan beban yang diberikan



Gambar 26. Factor Of Safety Rak 3 Lantai



Gambar 27. Factor Of Safety Rak 3 Lantai

**Hasil Tabel Analisis**

	SOLIDWORKS					
	Stress		Displacement		Factor of Safety	
	R2	R3	R2	R3	R2	R3
Minimal	0.033	1.70	0.003	0.00	0.000	0.00
Maksimal	14.094	16.84	0.466	2.16	10.000	11.10

Tabel 1. Hasil simulasi solidworks

	ANSYS					
	Stress		Displacement		Factor of Safety	
	R2	R3	R2	R3	R2	R3
Minimal	0.00011	0.00006	0.003	0.00	0.000	0.00
Maksimal	2.85	1.3443	0.182	0.058	15.000	15.00

Tabel 2. Hasil simulasi ansys

**Kesimpulan**

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa hasil perbandingan menggunakan 2 software. Ansys workbench lebih akurat dibanding solidwork. Menurut *ansys structural analysis capabilities* kemampuan ansys lebih kuat dalam menangani analisis struktural kompleks, termasuk analisis non-linier, dinamis, dan termal, sedangkan menurut *solidworks* lebih cocok untuk analisis dasar hingga menengah, dengan fitur yang lebih terbatas dibandingkan *ansys* dalam hal analisis canggih berdasarkan *solidworks simulation overview*, berdasarkan penelitian ini maka dapat disimpulkan rak 2 lantai dengan spesifikasi panjang 2m, lebar 0.8m dan tinggi 2.4 meter. material *aluminium alloy 6063 – T5* Pembebanan simulasi terletak pada 4 kaki rangka dan di simulasikan dengan berat 50 kg atau 500 newton memiliki hasil *stress* dan *displacement* yang lebih rendah dibanding rak 3 lantai. Rak 3 lantai dengan spesifikasi panjang 4m, lebar 0.8m dan tinggi 2 meter. Material *aluminium alloy 6063 – T5* Pembebanan simulasi terletak pada 6 kaki rangka dan di simulasikan dengan berat 50 kg atau 500 newton memiliki hasil analisis lebih tinggi di banding rak 2 lantai

## Referensi

- [1] F. Rozci and I. S. Roidah, "Analisis Faktor Alih Fungsi Lahan Pertanian Ke Non Pertanian Di Jawa Timur Factor Analysis Of The Conversion Of Agricultural Land To Non Agricultural Land Use In East Java".
- [2] Q. Ayun et al., "Universtas Duta Bangsa Surakarta Jl." [Online]. Available: <https://www.atrbpn.go.id/>
- [3] "Lahan Pertanian di Kabupaten Karawang dan Dampaknya Ditinjau dari Sudut Pandang Undang-Undang Nomor 41 Tentang Perlindungan Lahan Pertanian".
- [4] A. Rafiuddin and dan Khursatul Munibah, "Land Use Change Pattern and the Balance of Food Production in Karawang District," J. Il. Tan. Lingk, vol. 18, no. 1, pp. 15–20, 2016.
- [5] "Desain Produk Rak Tanaman Hidroponik Dengan Teknologi Grow Light Untuk Kebutuhan Rumah Tangga Kelas Menengah Atas Studi Kasus: Perumahan Ykp Surabaya Proposal."
- [6] "Apa Itu Hidroponik? Jenis-Jenis hingga Kelebihan dan Kekurangannya! (2022)." Accessed: Mar. 17, 2024. [Online]. Available: <https://lindungihutan.com/blog/mengenal-metode-tanam-hidroponik/>
- [7] A. Rosid et al., "Pemberdayaan Tanaman Hidroponik Sebagai Alternatif Pemanfaatan Lahan Kosong Dan Kurangnya Air Di Desa Turi Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan," 2023. [Online]. Available: <https://www.lp3mzh.id/index.php/khidmah/issue/archive>
- [8] "Hasil Analisis Cae Untuk Menahan Beban Pada Frame Smart Farmshelf".
- [9] H. M. Sadida and Y. Pratama, "Desain dan Simulasi Adjustable Rak untuk Gudang E-Commerce," Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal |, vol. 9, no. 1, pp. 2528–3723, 2024, doi: 10.21070/rem.v9i1.1689.
- [10] "SolidWorks : Pembahasan Mengenai Pengertian, Jenis, dan Fungsi." Accessed: May 31, 2024. [Online]. Available: <https://dte.telkomuniversity.ac.id/solidworks-pengertian-fungsi-jenis/>
- [11] "Penjelasan Lengkap Apa itu 'Material', Jenis, Contoh," TEKNIKSIPIL.ID.
- [12] "ASM Material Data Sheet." Accessed: May 31, 2024. [Online]. Available: <https://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA6063T5>