

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

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Analisis ketebalan *square profile* terhadap kekuatan material sebagai rangka alat *urban farming portable*****Widyanita Harwijayanti^{1*}, Mutiarra Ridyo Arum², Arbianti³, Adimas Bara Alfansa⁴, Dhiyah Agustin Sulistyaningsih⁵**^{1,2,3,4,5}Universitas Tunas Pembangunan Surakarta, Jl. Balekambang Lor No. 1, Surakarta Indonesia 57139**A R T I C L E
I N F O****Keywords:**
FEA
Urban farming
portable
desain rangka
safety factor**A B S T R A C T**

Growth population in urban areas was proportionally with food commodities and inversely with land availability. One solution that can be implemented for sufficient food is urban farming with vertical farming using a hydroponic method. Environmental factors that affect the fine result of plants are exposure of sun. In limited land, in terms to increase the mobility of urban farming activity requires the addition of equipment. This research focused on equipment development with frame append to place components in urban farming to gain more exposure with upgrading the flexibility. The frame was designed used hollow square structural steel with thickness variations of 1.2 mm; 1.4 mm; 1.6 mm; 1.8 mm which is simulated used a mass of 50 kg; 200 kg; 400 kg; and 800 kg. Numerical analysis was done by ANSYS Workbench 2024. From the analysis, almost all of the various material thicknesses gained minimum safety factor and meets the requirements for static load for the several masses distribution.

Pendahuluan

Dalam kurun waktu lima tahun terakhir, pertumbuhan penduduk di Indonesia selalu mengalami peningkatan. Penambahan populasi ini menyebabkan peningkatan terhadap jumlah dan mutu kebutuhan komoditas pangan [1]. Pertumbuhan penduduk yang tinggi cenderung terjadi di perkotaan akibat

kondisi alami maupun kegiatan urbanisasi [2]. Kondisi ini dapat memberikan pengaruh terhadap ekosistem lingkungan pada masyarakat perkotaan [3], pengangguran dan keterbatasan lahan hijau untuk kegiatan pertanian sehingga timbul permasalahan keterbatasan kebutuhan bahan pangan [4]. Untuk menghindari kondisi tersebut, diperlukan upaya untuk menciptakan

*Corresponding author: widyanita.harwijayanti@lecture.utp.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v6i1.8123>

Received January 21, 2025; Received in revised form March 16, 2025; Accepted March 18, 2025

Available online March 19, 2025

kondisi ketercukupan bahan pangan di perkotaan. *Urban farming* atau pertanian kota adalah salah satu solusi atas keterbatasan lahan yang ada di perkotaan [4].

Urban farming menggunakan konsep pertanian konvensional dengan adanya diferensiasi terhadap media dan pelaku kegiatan [1]. Kegiatan ini berupa kemandirian dalam bidang pertanian pada lahan yang terbatas [5]. Salah satu jenis *urban farming* yang mendukung terhadap kondisi keterbatasan lahan adalah *vertical farming* dengan menggunakan teknologi hidroponik [6]. Selain adanya penghematan lahan, metode ini juga memiliki keunggulan dalam pengelolaan hama tanaman dibanding dengan pertanian konvensional. Teknologi hidroponik yang digunakan untuk mendukung *vertical farming* juga tidak memerlukan tanah sebagai media tumbuh. Tanaman dapat ditanam dan tumbuh di dalam cairan nutrisi yang mengalir tanaman di sepanjang hari [7]. Untuk menghindari permasalahan terhadap lingkungan, metode ini membutuhkan pasokan air yang minimalis menyesuaikan dengan kondisi perkotaan yang memiliki keterbatasan sumber daya air [6]. Efisiensi energi juga menjadi salah satu faktor lingkungan yang perlu diperhatikan terkait kebutuhan pencahayaan energi surya terhadap tanaman. Lokasi dengan kecukupan akses sinar matahari dan kondisi lahan yang terbatas menjadi pertimbangan utama dalam melaksanakan kegiatan *urban farming*.

Kecukupan pencahayaan yang diterima oleh tanaman berkaitan dengan hasil panen yang optimal. Perkotaan merupakan kawasan pemukiman dengan kuantitas penduduk yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayahnya [8]. Hal ini menimbulkan dampak penurunan lahan yang digunakan untuk bangunan, sehingga rumah di perkotaan terkendala pada keterbatasan lahan untuk menentukan lokasi dengan kecukupan sinar matahari. Untuk mendapatkan kebutuhan sinar matahari dan pertimbangan kondisi perubahan iklim yang terjadi dalam mendukung kegiatan *urban*

farming, diperlukan tambahan peralatan untuk meningkatkan fleksibilitas.

Salah satu komponen penunjang pada kegiatan *urban farming* adalah alat untuk menahan beban pada seluruh komponen-komponen diantaranya penampungan air, sistem pengairan, massa media tumbuh dan tanamannya. Simulasi numerik terhadap kekuatan rangka rak tanaman dalam kegiatan *indoor farming* dilakukan menggunakan *software Solidworks Simulation* dan *Ansys Workbench* untuk mengetahui nilai *safety factor* dengan memberikan pembebanan massa 50 kg [9]. Hasil simulasi menunjukkan nilai faktor keamanan sebesar 15 dan merupakan kondisi aman dan kuat untuk menahan beban ketika digunakan dalam kegiatan pertanian. *Software Ansys* memiliki akurasi yang lebih tinggi untuk analisa struktur yang kompleks [9].

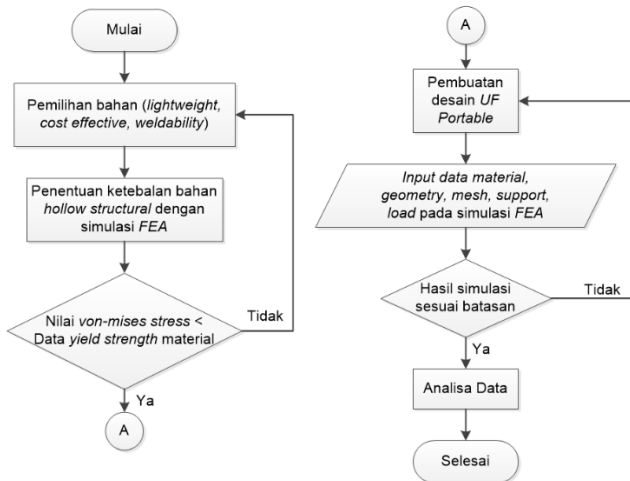
Pemilihan material yang digunakan sebagai rangka juga menjadi faktor penting untuk menahan beban dari komponen kegiatan *urban farming*. Material *square hollow steel* sebagai model penghubung dilakukan analisa numerik menggunakan *Ansys Workbench* [10]. Hasil simulasi menunjukkan bahwa jenis sambungan menggunakan proses pengelasan menunjukkan performa yang paling baik [10]. Selain performa, profil material juga menjadi pertimbangan terhadap kemudahan proses dan penggunaan jenis sambungan yang akan digunakan. Namun, pada penelitian sebelumnya belum adanya simulasi tentang penggunaan material profil persegi sebagai rangka alat untuk mendukung kegiatan *urban farming*.

Penelitian ini berfokus pada analisa numerik terhadap variasi ketebalan material *square hollow structural steel* yang mudah ditemui di pasaran untuk digunakan sebagai rangka alat *urban farming portable*. Simulasi dilakukan menggunakan *software Ansys Workbench* untuk mengetahui tegangan yang diterima alat ketika menahan pembebanan saat digunakan dan memenuhi nilai faktor keamanan minimum untuk

menahan beban maksimum dari setiap komponen.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode simulasi untuk pengembangan rangka alat *urban farming portable*. Kegiatan penelitian dilaksanakan berdasarkan diagram alir pada Gambar 1.



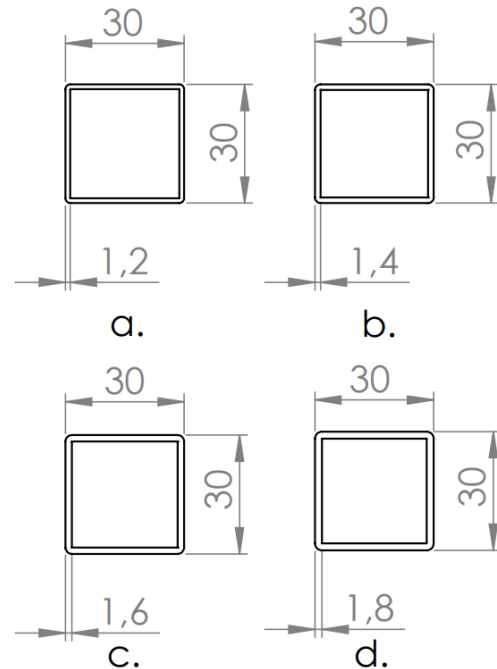
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Perancangan diawali dengan menentukan bahan yang akan digunakan. Pemilihan bahan ditentukan melalui analisa ketersediaan bahan di pasar, kemudahan pemrosesan dan estimasi biaya. Jenis bahan yang mudah dijumpai adalah bahan *structural steel*, yaitu bahan yang digunakan untuk pembuatan konstruksi yang tersedia dengan berbagai macam profil. Salah satu jenis bahan *structural steel* adalah *hollow profile* yang tersedia adalah bentuk persegi atau *square*. *Square hollow structural steel* menjadi pilihan dalam perancangan ini karena ringan, terjangkau dan kemudahan dalam pemrosesan. Sifat material *structural steel* dapat dilihat pada Tabel 1.

Sifat material	Nilai
Densitas (kg/m ³)	7850
<i>Yield strength</i> (MPa)	250
<i>Ultimate Strength</i> (MPa)	460
Modulus Elastisitas (GPa)	200

Bahan *square hollow structural steel* ukuran diagonal 30 x 30 mm dengan variasi

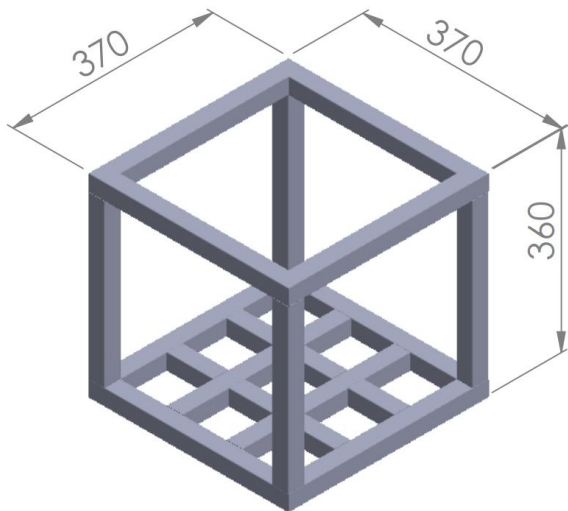
ketebalan 1.2 mm; 1.4 mm; 1.6 mm dan 1.8 mm dilakukan simulasi awal untuk menentukan nilai *von-mises stress* bahan. Profil *square hollow* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Variasi ketebalan *square hollow structural steel* (a.) 1.2 mm; (b.) 1.4 mm; (c.) 1.6 mm; dan (d.) 1.8 mm.

Desain *urban farming portable* dibuat dengan menggunakan *software computer aided design 3-dimensional*. Rangka pada alat *UF portable* dibuat berdasarkan hasil FEA pada beberapa variasi ketebalan material. Perancangan rangka alat dikhususkan dengan tujuan untuk memudahkan mobilisasi kegiatan *urban farming* pada kondisi keterbatasan lahan dan kebutuhan intensitas cahaya yang diperlukan oleh tanaman. Rangka didesain untuk wadah tampungan air beserta dengan sistem pengairan vertikal hidroponik di dalamnya. Desain rangka alat dapat dilihat pada Gambar 3.

Dimensi alat dibuat dengan panjang, lebar dan tinggi masing-masing adalah 370 mm; 370 mm, 360 mm. Untuk meningkatkan kemampuan mobilitas alat, roda *caster* juga ditambahkan sebagai penggerak alat.

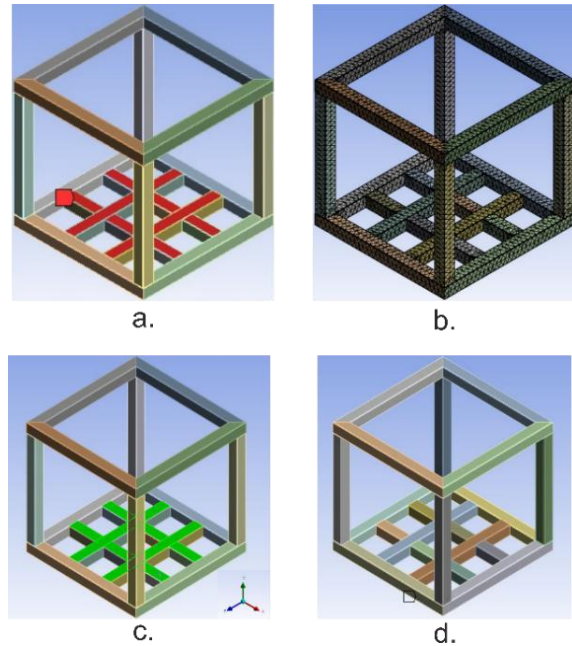


Gambar 3. Desain rangka alat *urban farming portable*

Simulasi pembebanan pada hasil desain dilakukan menggunakan *software Ansys Workbench 2024*. Parameter dalam *finite element analysis* dimasukkan sesuai dengan perhitungan beban massa yang diterima alat pada saat digunakan untuk menampung komponen-komponen pendukung kegiatan *urban farming*. Distribusi massa yang digunakan dalam proses simulasi adalah 50 kg; 200 kg; 400 kg; dan 800 kg. Batasan yang digunakan dalam simulasi ditampilkan dalam Gambar 4. Distribusi massa yang diterima rangka alat dikenakan pada permukaan rangka ditunjukkan pada Gambar 4(a.). Massa yang digunakan dalam simulasi merupakan akumulasi massa penampungan air sebagai sistem pengairan, massa media tumbuh serta tanaman dalam *urban farming tower system*.

Gambar 4 (b.) merupakan proses *meshing* pada rangka alat. *Meshing* adalah proses mengubah keseluruhan desain menjadi bentuk yang lebih kecil berupa sebuah elemen-elemen yang tetap terhubung antar-objek dengan titik/*node* [11], serta memberikan pengaruh terhadap proses simulasi berkaitan dengan akurasi dan waktu yang dibutuhkan [12]. Elemen kecil yang terbentuk setelah proses *meshing* disebut sebagai *finite element* dari geometri desain untuk dilakukan analisis dalam bentuk 2D maupun 3D [13]. Gambar 4 (c.) menunjukkan arah distribusi massa terhadap

geometri benda. Massa diberikan pada sumbu Y dengan nilai negatif, yaitu dengan arah ke bawah terhadap posisi rangka alat. Gambar 4 (d.) merupakan kondisi *support* yang digunakan dalam simulasi ANSYS. *Fixed support* ditentukan pada keseluruhan permukaan rangka alat bagian bawah.



Gambar 4. (a.) distribusi massa; (b.) *meshing*; (c.) arah pembebanan; (d.) *fixed support*

Hasil analisa struktur statis yang dilakukan adalah total deformasi, tegangan dan *safety factor*. Persamaan *safety factor* dapat ditulis:

$$SF = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{material}} \quad (1)$$

dimana:

SF= *safety factor*;

σ_{max} = tegangan maksimum bahan;

$\sigma_{material}$ = tegangan maksimum yang diterima oleh struktur [14].

Hasil dan Pembahasan

A. Ketebalan Material

Hasil simulasi FEA pada keempat jenis ketebalan bahan yang berbeda dengan dimensi panjang masing-masing 310 mm serta variasi distribusi massa 50 kg dan 800 kg ditampilkan pada Tabel 2. Hampir seluruh variasi ketebalan bahan memiliki nilai *von-mises stress* yang lebih kecil terhadap nilai *yield strength structural steel*

pada Tabel 1 selain material dengan ketebalan 1.2 mm pada pemberian massa 800 kg. *Von-mises stress* adalah nilai tegangan akibat energi distorsi yang didefinisikan sebagai teori kegagalan bahan [15]. Ketika mendapatkan pembebanan statis, apabila nilai *von-mises stress* material lebih kecil dari kekuatan luluhnya (*yield strength*), maka material tersebut aman untuk digunakan karena akan kembali ke bentuk semula ketika beban dilepaskan [16]. *Von-mises stress* menjadi penentuan awal untuk menentukan keamanan penggunaan bahan sebagai rangka desain alat *urban farming portable*.

Pemilihan ketebalan bahan yang digunakan berkaitan dengan proses penyambungan dan massa akhir dari rangka alat juga perlu menjadi pertimbangan. Ketebalan material menjadi salah satu penyebab adanya distorsi sudut pada proses penyambungan material. Distorsi terjadi akibat adanya tegangan sisa selama proses penyambungan sehingga dapat menyebabkan kegagalan konstruksi alat [17]. Ketebalan bahan berbanding terbalik terhadap distorsi yang dialami selama proses penyambungan material [18].

Tabel 2. Analisa *von-mises stress* material *square hollow structural steel* dengan variasi ketebalan

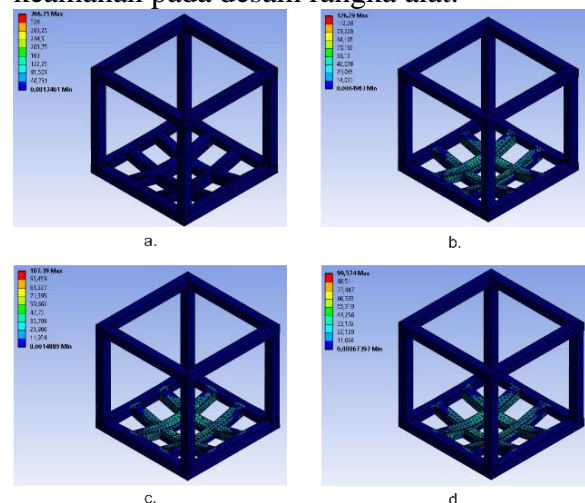
Ketebalan (mm)	Massa (kg)	Total Deformation	Von-mises Stress (MPa)
1.2	50	0.021369	22.298
	800	0.34037	354.54
1.4	50	0.016947	12.608
	800	0.26965	200.38
1.6	50	0.014001	11.03
	800	0.22252	175.03
1.8	50	0.012039	10.117
	800	0.19113	160.44

B. Analisa Statis

Dalam penggunaannya, rangka alat *urban farming portable* menerima beban statis dari *tower system*, yaitu komponen-komponen berupa penampungan air, sistem pengairan, media tanam dan tanamannya. Pada penelitian ini, analisis struktur

dilakukan menggunakan pemodelan statis. Analisa statis digunakan untuk mengetahui pengaruh dari beban statis terhadap struktur desain alat [19]. Hasil dari analisa statis diantaranya adalah tegangan dan regangan dari beban yang diterima oleh desain rangka. Analisa tegangan/*stress analysis* memberikan informasi kondisi struktur ketika mendapatkan pembebanan. Ketika pembebanan diberikan terus menerus, adanya kemungkinan perubahan bentuk merupakan kondisi regangan/*strain* dari struktur.

Hasil simulasi *Ansys* pada rangka alat ditampilkan pada Gambar 5. Nilai *von-mises stress* untuk ketebalan material 1.2 mm; 1.4 mm; 1.6 mm dan 1.8 mm pada pembebanan massa 800 kg masing-masing adalah 366.75 MPa; 126.29 MPa; 107.39 MPa; 99.574 MPa. Nilai ini menjadi dasar untuk menentukan *safety factor* atau faktor keamanan pada desain rangka alat.



Gambar 5. *Von-mises stress* rangka alat *urban farming portable* dengan massa 800 kg pada variasi ketebalan (a.) 1.2 mm; (b.) 1.4 mm; (c.) 1.6 mm; (d.) 1.8 mm

Adanya deformasi akibat beban yang diterima struktur dapat ditentukan dari nilai faktor keamanan struktur alat. Untuk beban yang diterima dalam kondisi statis, nilai minimum faktor keamanannya adalah 1.25 [20]. Perhitungan komputasional faktor keamanan material dalam variasi ketebalan material dan distribusi massa yang diterima struktur dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai *safety factor* (*SF*) adalah pembagian dari

tegangan maksimum bahan dibagi dengan tegangan yang diterima oleh struktur. Pada Tabel 2, nilai SF pada massa 800 kg untuk ketebalan material 1.2 mm; 1.4 mm; 1.6 mm dan 1.8mm masing-masing adalah 0.68; 1.98; 2.33; 2.51. Dari nilai tersebut, ketebalan material 1.2 mm tidak aman jika diberikan massa 800 kg, tetapi masih aman jika pembebanan maksimum yang diterima struktur adalah 400 kg.

Tabel 3. Hasil simulasi rangka alat *urban farming portable*

Kete balan (mm)	Total mass of frame (gr)	Mesh (mm)	Massa (kg)	Von- mises Stress (MPa)	Safety Factor
1.2	5308. 88	12	50	23.101	10.82
			200	91.83	2.72
			400	183.47	1.36
			800	366.75	0.68
1.4	6149. 3	12	50	8.1052	> 15
			200	31.743	7.88
			400	63.259	3.95
1.6	6967. 44	12	50	6.9319	> 15
			200	27.024	9.25
			400	53.813	4.65
1.8	7770. 49	12	50	6.4263	> 15
			200	25.056	9.98
			400	49.895	5.01
			800	99.574	2.51

Selain faktor keamanan, dalam memenuhi fungsi alat yang dapat dipindahtempatkan dan memiliki mobilitas yang tinggi, maka massa total dari alat *urban farming portable* menjadi pertimbangan dalam pemilihan ketebalan material sebagai rangka. Massa total rangka yang paling ringan hingga paling berat berturut-turut adalah dengan ketebalan material 1.2 mm; 1.4 mm; 1.6 mm dan 1.8 mm. Massa yang semakin besar memiliki pengaruh terhadap pergerakannya [21], dimana dibutuhkan gaya yang lebih besar apabila ingin memindahkan posisi alat, sehingga fungsi mobilitasnya menjadi menurun. Desain rangka alat dengan ketebalan material 1.4

mm memiliki nilai faktor keamanan yang memenuhi batasan minimum dan massa total yang lebih rendah dibanding dengan ketebalan material yang lebih tinggi.

Kesimpulan

Rangka alat *urban farming portable* didesain menggunakan material *square hollow structural steel* dengan variasi ketebalan 1.2 mm; 1.4 mm; 1.6 mm dan 1.8 mm. Pada simulasi pembebanan awal dengan massa 50 kg, seluruh variasi ketebalan material memiliki nilai *von-mises stress* dibawah kekuatan luluh materialnya, sementara pada massa 800 kg untuk ketebalan material 1.2 mm, nilai *von-mises stress* lebih tinggi terhadap *yield strength* material. Pada desain rangka alat, pembebanan diberikan dengan variasi massa 50 kg; 200 kg; 400 kg; dan 800 kg. *Von-mises stress* paling besar pada ketebalan material 1.2 mm dengan nilai 366.75 MPa. Faktor keamanan yang disarankan pada pembebanan statis adalah minimum 1.25, dimana nilai ini telah dipenuhi oleh hampir seluruh variasi ketebalan material sebagai rangka alat. Dalam rangka mempertimbangkan kemudahan mobilitas alat, massa total rangka alat juga menjadi faktor dalam menentukan pemilihan ketebalan material yang akan digunakan. *Square hollow* dengan ketebalan 1.4 mm menjadi material yang memenuhi nilai faktor keamanan minimum pada pembebanan maksimum kondisi statis dan massa total rangka alat yang cukup rendah yaitu 6149.3 gram. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi eksperimental hasil sambungan rangka alat *urban farming portable* terhadap kekuatannya.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta (UTP) Nomor Kontrak 043/PK-P/LPPM-UTP/XII/2024 Tahun Anggaran 2024/2025.

Referensi

- [1] Elfarisna, “Urban Farming Menunjang Pertanian Berkelanjutan,” in *Pusaran Keilmuan: Kontribusi Pemikiran Pimpinan UMJ terhadap Ilmu Pengetahuan*, Jakarta: UM Jakarta Press, 2019, pp. 78–91.
- [2] Ramadhan, M. W., “Urban Farm: Pengertian, Urgensi, dan Contoh Pada Bangunan Eksisting,” in *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2021 : Strategi Pengembangan Wilayah Perkotaan Dalam Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan*, Dec. 2021, pp. K007-014, doi: 10.32315/ti.9.k007.
- [3] Maulana, I. N. H. *et al.*, “Understanding Urban Farming as Food Security for Community Resilience: A Study in Malang City,” *Ecoplan*, vol. 6, no. 2, pp. 130–144, Oct. 2023, doi: 10.20527/ecoplan.v6i2.671.
- [4] Septya, F. dkk., “Urban Farming Sebagai Upaya Ketahanan Pangan Keluarga di Kelurahan Labuh Baru Timur Kota Pekanbaru,” *RESWARA J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 105–114, Jan. 2022, doi: 10.46576/rjpkm.v3i1.1552.
- [5] Sedana, I. D. G. P. dan Permini, N. L. P. E., “Urban Farming dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan Masyarakat Perkotaan,” *JRP J. Relasi Publik*, vol. 1, no. 3, pp. 171–178, 2023, doi: <https://doi.org/10.59581/jrp-widyakarya.v1i3.1108>.
- [6] Pamungkas, P. B., *Urban Farming: Inovasi Dalam Memenuhi Kebutuhan Pangan dan Membangun Kehidupan Yang Lebih Sehat di Perkotaan*. Yogyakarta: UPY Press, 2023.
- [7] Singh Rawal, J. *et al.*, “Vertical Farming in Urban Agriculture: Opportunities, Challenges, and Future Directions,” *Big Data Agric.*, vol. 6, no. 2, pp. 89–95, 2024, doi: 10.26480/bda.02.2024.89.95.
- [8] Kustiwan, I., “Pengertian Dasar dan Karakteristik Kota, Perkotaan, dan Perencanaan Kota,” *Modul Perenc. Kota*, p. 535, 2014, [Online]. Available: <http://repository.ut.ac.id/3999/1/AD-PU4433-M1.pdf>.
- [9] Mustafa, D. dan Sena, B., “Analisis Kekuatan Rangka Rak Tanaman Hidroponik Pada Smart Indoor Farming Menggunakan Software Solidworks Simulation dan Ansys Workbench,” *ARMATUR Artik. Tek. Mesin Manufaktur*, vol. 5, no. 2, pp. 52–61, Feb. 2024, doi: 10.24127/armatur.v4i1.3266.
- [10] Kumar, N. *et al.*, “Finite Element Analysis of Steel Square Hollow Beam connected to Square Hollow Column Join,” *Int. J. Innov. Res. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 73–82, 2022.
- [11] Fajrin, M. G. F. G. dkk., “Analisis Elemen Hingga Bagian Penekuk pada Mesin Pembuat Begel Baja Tulangan 8 mm,” *Suara Tek. J. Ilm.*, vol. 13, no. 1, p. 6, 2022, doi: 10.29406/stek.v13i1.4222.
- [12] Pratama, A. dan Agusman, D., “Analisis Kekuatan Kontruksi Rangka Pada Perancangan Design Belt Conveyor Menggunakan Ansys Workbench,” *J. Sain dan Tek.*, vol. 5, no. 1, pp. 12–22, 2023.
- [13] Satriawan, C. Y. G. *et al.*, “Nonlinear analysis of an idealized I-beam member: An investigation of mesh size on the structural behaviors using FE approach,” *Procedia Struct. Integr.*, vol. 48, no. 2022, pp. 50–57, 2023, doi: 10.1016/j.prostr.2023.07.109.
- [14] Prasetyo, A. B. *et al.*, “Finite Element Analysis (FEA) of blade weed design using Ansys workbench,” *Sinergi*, vol. 26, no. 3, p. 371, 2022, doi: 10.22441/sinergi.2022.3.012.
- [15] Ramadhan, N. T. R. dkk., “Stress Analysis pada Komponen Silinder

- Pengepresan Mesin Up-Press Hidrolik Minyak Kakao di PT . Aneka Usaha Laba Jaya Utama,” *J. Mech.*, vol. 14, pp. 1–7, 2023.
- [16] Perdana, F. S. dkk. “Analisa Kekuatan Material Bahan dan Rangka Alat Pengguling Sapi Berbobot 1.2 Ton Menggunakan Software Autodesk Inventor,” *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, 2022.
- [17] Anis, M. and Winarto, “Effect of plate thickness and weld position on distortion and residual stress of welded structural steel,” *Mater. Sci. Forum*, vol. 689, no. June 2011, pp. 296–301, 2011, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.689.296.
- [18] Meditama R. F. dkk., “Variasi Besar Arus Listrik dan Ketebalan Pelat pada Pengelasan SMAW Terhadap Distorsi Angular Sambungan T Baja ST37,” *Metrotech (Journal Mech. Electr. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 70–75, 2022, doi: 10.33379/metrotech.v1i2.1406.
- [19] Saidpatil, V. V. and Kulloli, V. K., “Static, Linear and Finite Element Analysis of Pressure,” *Int. J. Latest Technol. Eng. Manag. Appl. Sci.*, vol. III, no. IV, pp. 84–91, 2014.
- [20] Mustaqiem, A. D. dan Nurato, “Analisis Perbandingan Faktor Keamanan Rangka Scooter Menggunakan Perangkat Lunak Solidwork 2015,” *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 3, p. 164, 2020, doi: 10.22441/jtm.v9i3.9567.
- [21] Purbosari, R. dkk., “Menganalisis Fungsi Implisit Pada Kecepatan dan Percepatan Mobil-Mobilan Pada Massa yang Berbeda,” *Pros. Semin. Nas. Fis. SNF2015*, vol. IV, pp. 13–16, 2015.