JKPTB
Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 11(1) 2023

Proses Desain, Rancang Bangun, dan Pengujian *Greenhouse* Lipat Modular Untuk Daerah Tropis

Design, Construction, and Testing of Modular Folding Greenhouse for Tropical Climate

Hasbi Mubarak Suud[1], Disitiana Wulanjari[1], Mohammad Nur Khozin[2]

[1]Prodi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jember
[2]Prodi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

email: hasbimubarak@unej.ac.id

RIWAYAT ARTIKEL
Disubmit 21 Desember 2022
Diterima 28 Desember 2022
Diterbitkan 30 April 2023

KATA KUNCI
Greenhouse lipat, modular, *greenhouse* tropis, desain dan rancang bangun.

KEYWORDS
Folding greenhouse; modular greenhouse; tropical greenhouse; design and constructing

ABSTRAK
Greenhouse berfungsi untuk menciptakan lingkungan mikro yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Lebih jauh lagi, fungsi *greenhouse* pada daerah tropis adalah melindungi tanaman dari intensitas radiasi matahari berlebih, mengurangi penguapan air dari daun dan media tanam, dan mengurangi resiko serangan hama penyakit. Penelitian ini bertujuan mengembangkan desain *greenhouse* yang lebih fleksibel namun memiliki fungsi sebagai rumah tanaman yang handal serta mempunyai stabilitas struktur yang baik. Desain *greenhouse* yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan *greenhouse* dengan sistem modular sehingga dapat mudah dipindahkan dan mudah dirakit kembali. *Greenhouse* lipat modular ini dikembangkan dalam modul modul terpisah sehingga mudah dipindahkan dan ringan. *Greenhouse* ini dikembangkan terutama untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang menginginkan *greenhouse* yang kompak, mudah dimobilisasi, dan mudah dirakit. Berdasarkan hasil pengujian pada prototipe yang telah dibuat, diketahui bahwa tingkat fleksibilitas *greenhouse* cukup baik dan dapat dirakit kurang dari 1 jam. Namun dari uji fungsional diketahui bahwa *greenhouse* lipat modular ini belum cukup baik untuk menyediakan suhu dan kelembapan yang optimal bagi tanaman sehingga dibutuhkan perbaikan pemilihan material dinding *sidewall* bawah agar sirkulasi udara secara alami dapat optimal.

ABSTRACT
The greenhouse is important in protecting plants by creating a microclimate inside. Furthermore, a greenhouse in tropical climates secures plants from excess solar radiation, reduces water evaporation, and reduces the risk of plant pests and disease attacks. This research focused on creating a greenhouse design that is more flexible and easier to move but still has good functionality as a greenhouse and good stability of construction. Unlike the existing conventional greenhouse, which is usually rigid, static, and not easy to move, this greenhouse is designed with a modular system that is easy to assemble and move. The greenhouse consists of several modules assembled to become a single greenhouse. The development of

doi https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.04

this greenhouse design was created to fulfill the user needs who want a greenhouse that is compact, easy to move, and easy to assemble. Based on prototype evaluation, this modular folding greenhouse has good flexibility since it can be assembled in under an hour. However, this greenhouse has yet to create temperatures and humidity that are truly ideal for plants. Therefore, it is necessary to adjust and improve the design to maximize natural air circulation inside the greenhouse.

doi https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.04

1. Pendahuluan

Aplikasi *greenhouse* sebagai rumah tanaman di daerah tropis basah seperti di Indonesia memiliki karakteristik yang berbeda bila dibandingkan dengan aplikasi *greenhouse* di daerah sub-tropis [1]. Di daerah sub tropis *greenhouse* berfungsi untuk melindungi tanaman dari suhu ekstrim pada musim dingin, curah hujan yang tinggi, serta hujan salju. Sedangkan di daerah tropis basah yang dibutuhkan adalah *greenhouse* dengan *umbrella effect* atau sebagai penaung tanaman [2]. *Greenhouse* di daerah tropis harus memiliki kemampuan untuk mengurangi intensitas radiasi matahari berlebih, mengurangi penguapan air dari daun dan media tanam, memudahkan perawatan tanaman, dan mengurangi resiko serangan hama penyakit [3]. *Greenhouse* diharapkan dapat membuat tanaman di dalam bangunan terlindungi dari faktor lingkungan eksternal yang tidak diharapkan [4]. Sinar matahari terik akan menaikkan suhu dan kelembapan didalam *greenhouse* diakibatkan radiasi matahari yang menngenai atap *greenhouse* [5]. Selain itu kondisi pencahayaan di dalam *greenhouse* juga harus dibuat sebaik dan seoptimum mungkin untuk mendukung pertumbuhan tanaman [6].

Greenhouse yang banyak dikembangkan di Indonesia merupakan *greenhouse* dengan desain rigid dimana diperlukan pembangunan pondasi, tiang, dan atap permanen. Yang terpenting dari sebuah *greenhouse* adalah strukturnya dirancang dengan kekuatan melebihi gaya gaya yang mengenai konstruksinya dan harus mampu menciptakan iklim mikro yang baik untuk tanaman. Bagian bagian struktur yang saling menopang dan mendukung tersebut disatukan dalam suatu konstruksi *greenhouse* yang dapat menahan pembebanan memberikan kekuatan dan kekakuan pada bangunan [7]. Pembebanan yang harus ditanggung oleh struktur *greenhouse* adalah beban permanen dari struktur *greenhouse* sendiri, beban variabel yang datang dari pembebanan eksternal seperti angin, dan beban *accidental* yaitu beban yang berpotensi membebani struktur seperti akumulasi salju yang berat yang membebani *greenhouse* [8].

Beberapa pengguna membutuhkan sebuah *greenhouse* yang lebih portabel dengan karakteristik mudah dipindahkan dan mudah dirakit serta mudah dibongkar. Karateristik tersebut terutama dibutuhkan terutama oleh pelaku kegiatan pertanian perkotaan atau *urban farming*. *Urban farming* sendiri merupakan bagian dari sistem pangan lokal di mana makanan dibudidayakan dan diproduksi di daerah perkotaan dan dipasarkan kepada konsumen di daerah perkotaan itu [9]. Alternatif lain juga bisa melakukan *urban farming* menggunakan *greenhouse* pada atap gedung yang terbukti memberi impak positif bagi lingkungan diantaranya dapat menjadi agen pertukaran CO_2 di daerah gedung bertingkat [10]. Berdasarkan kebutuhan tersebut maka perlu inovasi untuk mewujudkan rumah tanaman yang yang memiliki kriteria desain mudah untuk dipindahkan, dirakit, dan dibongkar kembali namun tetap memiliki kekuatan struktur yang baik dan kemampuan untuk memberikan iklim mikro yang optimal serta melindungi tanaman dari serangan hama. Jurnal ini menjabarkan bagaimana proses desain, rancang bangun, dan pengujian sebuah prototipe *greenhouse* yang memenuhi kriteria desain tersebut.

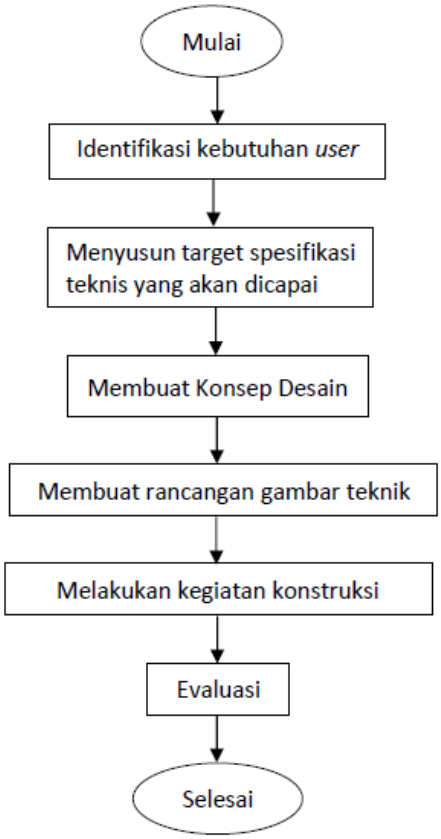
2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Software AutoCAD 2016 untuk kegiatan perancangan desain. Peralatan bengkel seperti las listrik, mesin gerindra, rivet, dan mesin bor digunakan pada proses konstruksi *greenhouse*. Bahan bahan konstruksi yang digunakan untuk pembangunan *greenhouse* yaitu galvanis hollow, plastik polycarbonate, dan paranet nylon.

2.2. Alur Penelitian

Metode perancangan *greenhouse* dimulai dengan menyusun spesifikasi teknis yang ingin dicapai, membuat desain konseptual, membuat rancangan gambar teknik, dan melakukan konstruksi *greenhouse* seperti terlihat pada Gambar 1. Identifikasi calon user (pengguna) potensial dengan melakukan wawancara dan komunikasi efektif dengan beberapa pihak calon pengguna potensial dari kalangan petani dan penggiat *urban farming* yang terbiasa menggunakan *greenhouse* untuk usaha tani mereka. Hasil wawancara dan komunikasi dari calon user potensial akan dijabarkan dalam bentuk target spesifikasi desain yang akan dicapai. Target spesifikasi desain tersebut akan dijabarkan dalam bentuk konsep desain dan nanti diturunkan kembali dalam bentuk rancangan gambar teknik yang detil.



Gambar 1. Bagan alir pelaksanaan penelitian

2.3. Pengujian Prototipe

Pengujian pada prototipe *greenhouse* modular meliputi pengujian mobilitas dan struktur dan pengujian fungsional. pengujian mobilitas dan struktur *greenhouse* bertujuan untuk mengukur kemudahan dan kehandalan *greenhouse* untuk dipindahkan yang meliputi pengukuran berat setiap modul *greenhouse*, kecepatan perakitan *greenhouse*, dan tingkat kestabilan struktur. Sedangkan pengujian fungsional bertujuan

doi https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.04

untuk mengukur kehandalan *greenhouse* untuk menyediakan iklim mikro bagi tanaman meliputi uji kebocoran, pemantauan suhu, kelembapan, dan intesitas cahaya di didalam *greenhouse*. Uji kebocoran dilakukan dengan menyemprot *greenhouse* secara vertikal menggunakan aliran air bertekanan rendah. Sedangkan pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan termometer bola basah dan bola kering yang dilakukan pada siang hingga sore hari.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Dasar Penyusunan Konseptual Desain

Dari hasil wawancara dan komunikasi dengan para calon pengguna potensial didapatkan harapan dan kebutuhan pengguna potensial yang menjadi dasar perancangan *greenhouse* lipat ini. Kebutuhan pengguna tersebut dijabarkan dalam kriteria desain terlihat pada **Tabel 1**. Target spesifikasi desain dibuat berdasarkan dari harapan pengguna dan menjadi dasar dalam penyusunan konseptual desain.

Tabel 1. Harapan dan kebutuhan pengguna *greenhouse* lipat modular

Harapan Pengguna	Target Spesifikasi Desain
Greenhouse (GH) yang mudah dipindahkan	Beratnya ringan atau terdiri dari beberapa modul yang ringan
Dapat dirakit pada atap gedung ber tingkat (roof top)	Dimensi (GH) dapat dengan mudah melalui pintu dan tangga bangunan bertingkat
Struktur *Greenhouse* kuat dan tahan lama	Bahan konstruksi menggunakan bahan yang kuat
Sesuai dengan iklim tropis Indonesia	Desain memiliki desain bukaan yang luas untuk sirkulasi udara

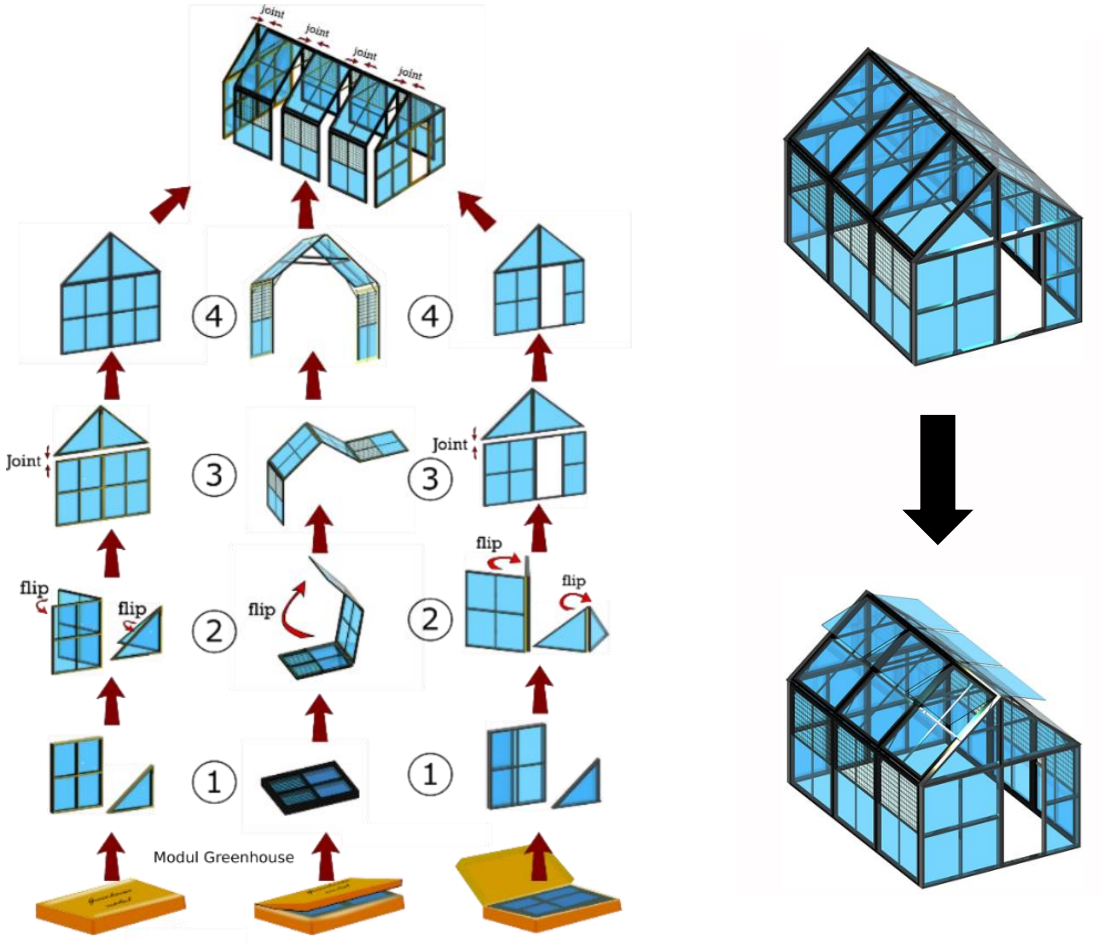
Dalam menentukan dimensi *greenhouse* juga mempertimbangkan data antoprometri manusia sehingga didapatkan dimensi dimana manusia dapat beraktifitas dan berinteraksi dengan produk tersebut dengan nyaman [11], [12]. Pada penelitian ini digunakan data dari [13], dimana 95^{-th} persentil data tinggi badan (stature) dan jangkauan tangan (span) orang Indonesia berturut turut adalah sebesar 162 cm dan 158 cm. Faktor ambang batas manusia untuk melakukan pekerjaan ketika melakukan pemindahan dan perakitan *greenhouse* juga dipertimbangan dalam menentukan berat modul *greenhouse* dengan mendasarkan pada Permen Ketenagakerjaan No 5 tahun 2018.

3.2 Konseptual Desain

Konsep desain *greenhouse* digunakan pada penelitian ini akan mengacu pada desain *greenhouse* beratap segitiga dan berbahan penutup kombinasi karena dipandang memiliki desain sederhana sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sebuah *greenhouse* portabel. Model atap dan bahan material *greenhouse* akan mempengaruhi aliran pindah panas yang ada didalam *greenhouse* [14]. *Greenhouse* yang dikembangkan ini juga didesain agar sesuai dengan iklim tropis sehingga dibuat banyak bukaan udara pada atap dan dinding untuk memaksimalkan aliran sirkulasi udara alami di dalam *greenhouse*. Sirkulasi aliran udara alami dapat dipicu adanya perbedaan tekanan udara antara dua titik didalam *greenhouse* baik disebabkan karena angin atau perbedaan suhu udara. Keberhasilan terjadinya aliran udara alami pada *greenhouse* juga dipengarui lokasi *greenhouse*, kecepatan, dan arah angin, serta tingkat radiasi matahari [15].

Berdasarkan dari target spesifikasi desain yang sudah ditentukan maka dibuat konseptual desain yang menjadi dasar pengembangan desain. Untuk memenuhi harapan pengguna potensial bahwa *greenhouse* harus mudah dipindahkan maka desain *greenhouse* ini akan dirancang dengan sistem modular atau terdiri dari beberapa modul sehingga berat *greenhouse* terdistribusi dalam modul terpisah untuk memudahkan *handling* dan perakitan. Perakitan menggunakan sistem *flip* dan *join* dimana setiap modul dapat dilipat untuk memperkecil dimensi ruang penyimpanannya lalu dapat disambung dengan mudah. Modul *greenhouse* terdiri dari 3 jenis modul yang dapat dilipat dan seperti terlihat pada **Gambar 2a**.

doi https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.04



(a) (b)

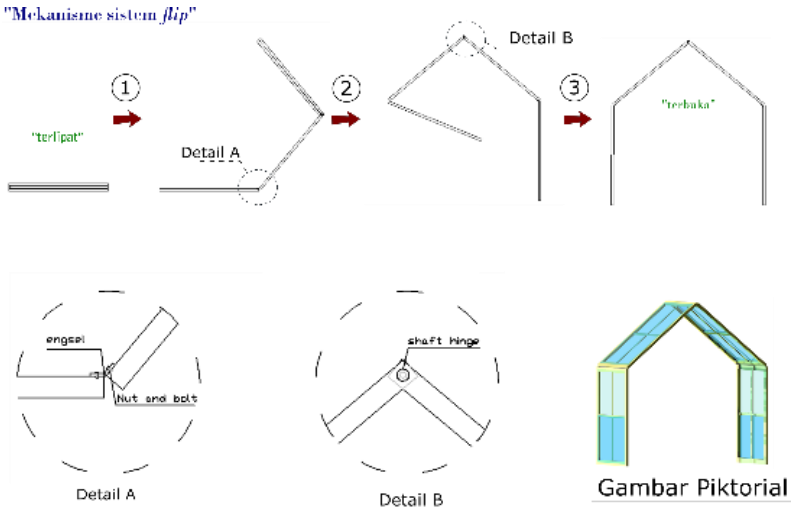
Gambar 2. Konseptual desain modul *greenhouse* lipat dengan sistem flip dan join(a); atap dengan bukaan atas yang dapat dibuka dan ditutup (b).

Tabel 2. Spesifikasi material yang digunakan

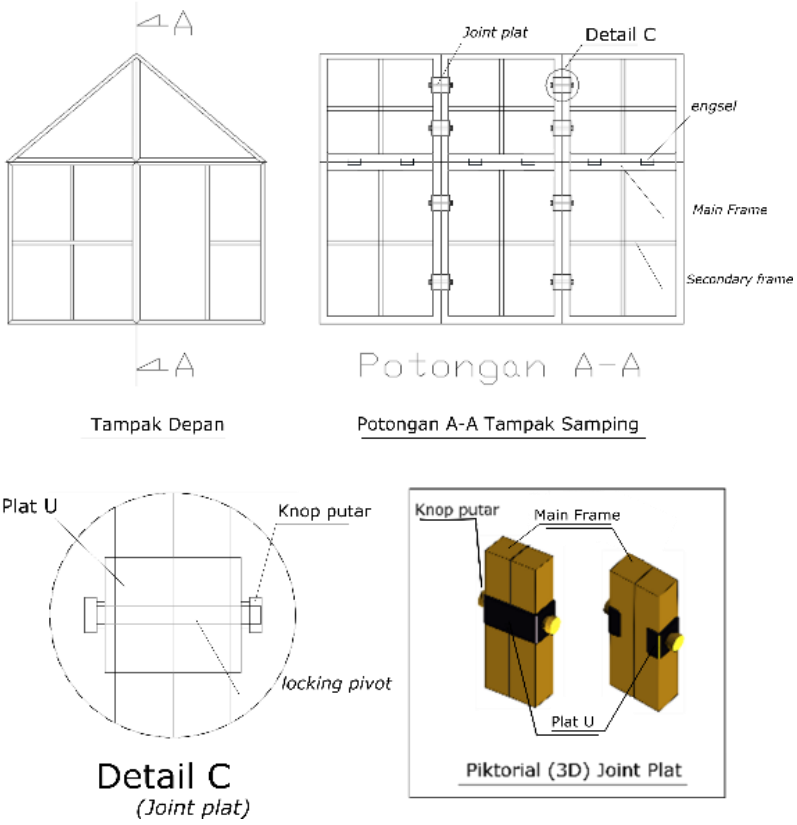
Part	Spesifikasi bahan
Frame utama	Galvanis ⧄ 40 x 40 (mm); tebal 1 mm
Frame sekunder	Galvanis ⧄ 20 x 20 (mm); tebal 1 mm
Material dinding dan atap	Polycarbonat solid warna clear, tebal 5 mm
Material bukaan dinding	Paranet nylon

Untuk memenuhi harapan pengguna yaitu *greenhouse* memiliki struktur yang kuat dan tahan lama sehingga pemilihan bahan menggunakan bahan galvanis hollow seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2.** Kelebihan bahan ini adalah memiliki lebih tahan karat dan punya kekuatan yang baik dalam menahan beban struktur. Untuk memaksimalkan aliran udara maka diberikan aliran bukaan di bagian samping dan di bagian atap agar udara dapat mengalir mengandalkan tekanan udara alami seperti terlihat pada **Gambar 2b.** Bukaan atas atap *greenhouse* didesain untuk dapat ditutup pada saat kondisi hujan dan dibuka pada kondisi terik matahari. Konsep desain yang telah dibuat lalu dijelaskan dalam bentuk gambar teknik yang lebih detil untuk memberikan informasi dimensi dan komponen dari *greenhouse* lipat ini salah satunya yaitu untuk menjelaskan mekanisme *flip* dan *join* seperti terlihat pada **Gambar 3.**

doi https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.04



(a)



(b)

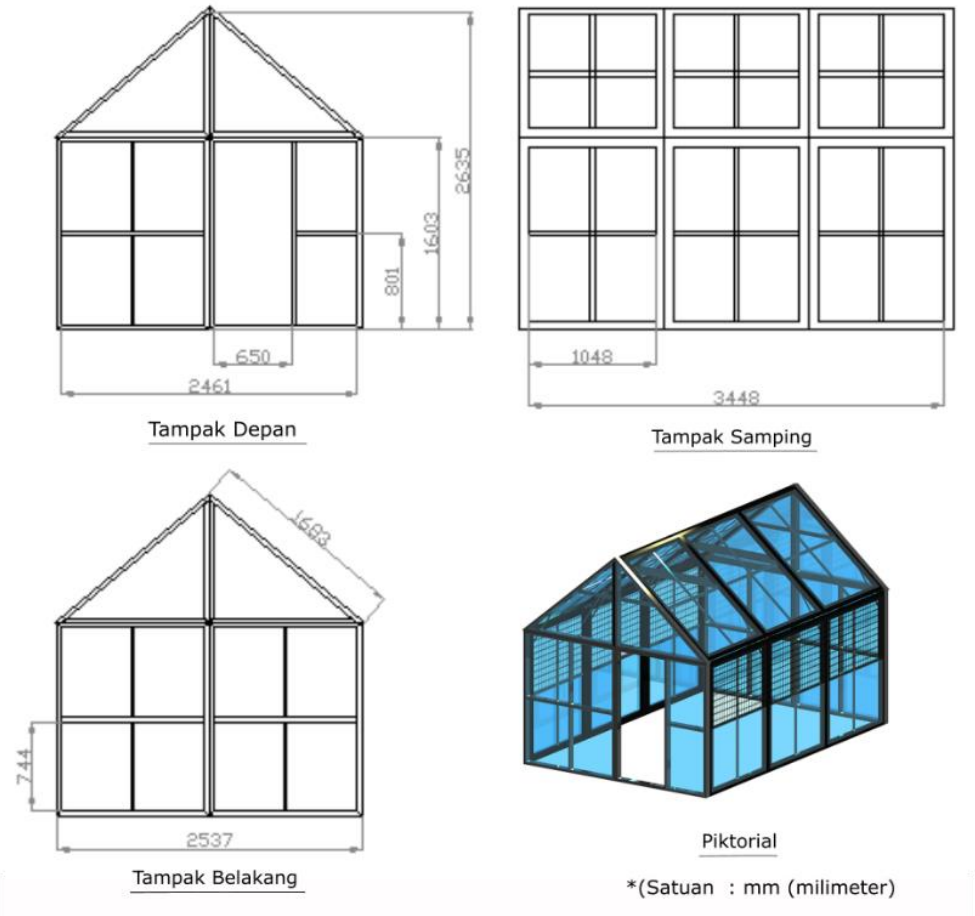
Gambar 3. Gambar detil untuk menjelaskan mekanisme flip dan detail bagian engsel pada bagian *sidewall* modul (a); mekanisme join antar modul (b).

3.3 Pengujian dan Evaluasi

Setelah dilakukan tahapan konstruksi *greenhouse*, maka dilakukan beberapa pengujian pada prototipe yang telah dibuat untuk evaluasi desain yang sudah dibuat. *Volume* total ruang di dalam *greenhouse* sebesar 13.6 m^3 dengan tinggi total sebesar 2.6 meter ini cukup nyaman untuk menampung satu orang bekerja di dalam *greenhouse*. Dimensi detil *greenhouse* ditunjukkan pada **Gambar 4**. *Greenhouse* lipat ini terdiri dari tiga bagian dan setiap modul telah diukur beratnya dengan hasil pengukuran ditunjukkan pada **Tabel 3**. Berdasarkan dari Permen Ketenagakerjaan No. 5 tahun 2018 dimana beban angkat setinggi pinggang pada durasi kurang dari 2

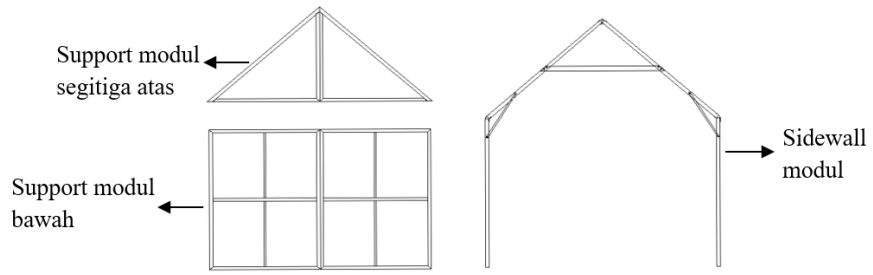
doi https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.04

jam sebesar maksimal 16 kg dan diketahui bahwa beban maksimal modul sebesar 35 kg, maka *greenhouse* ini cukup untuk dipindahkan dan dirakit dengan aman oleh tiga orang dewasa.



Gambar 4. Dimensi *greenhouse*

Tabel 3. Hasil pengukuran berat setiap jenis modul *greenhouse* lipat

	Jenis Modul		
	Support modul segitigas atas	**Support modul bawah**	***Sidewall* modul**
Berat (Kg)	**10**	**20**	**35**
Gambar tiap jenis modul :			

Pengujian kecepatan perakitan *greenhouse* lipat dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat dan mudah *greenhouse* lipat ini dapat dirakit. *Greenhouse* yang dirakit pada pengujian ini terdiri dari 3 buah modul *sidewall* dan 2 pasangan support modul. Proses perakitan oleh tiga orang dewasa dan dilakukan pada lahan lapangan yang datar dengan kondisi awal modul *greenhouse* masih terlipat seluruhnya. Proses perakitan dilakukan

doi https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.04

selama tiga kali ulangan dan didapatkan data waktu perakitan dari ulangan ke satu, kedua dan ketiga berturut turut adalah sebesar 76 menit, 52 menit, dan 49 menit. Perbedaan waktu yang signifikan antara perakitan pada ulangan 1, ulangan 2, dan ulangan 3 lebih disebabkan karena keterampilan orang yang merakit semakin meningkat setelah dilakukan perakitan secara berulang ulang.

Gambar 5. Proses perakitan modul *greenhouse* (a); dimulai dengan membuka side wall (b), menggabungkan setiap modul *sidewall* (c), (d); Penampakan *greenhouse* yang sudah berdiri dari luar (e) dan dari dalam (f).

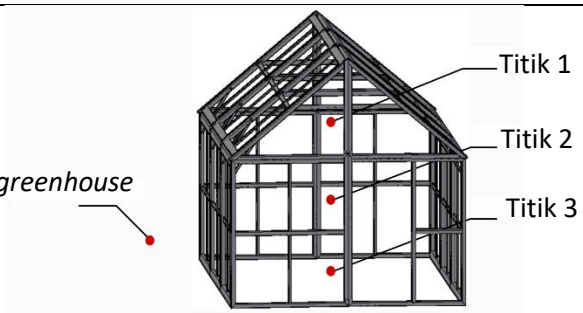
Pengujian kestabilan struktur *greenhouse* dengan cara memberikan pembebanan vertikal dengan beban sebesar 5 kg yang diletakkan pada titik tengah atap *greenhouse* dimana hasilnya tidak ada lendutan pada struktur *greenhouse*. Pemberian gaya dari samping pada dinding luar *greenhouse* dengan beban 1.5 kg telah mengakibatkan adanya tegangan engsel lipat pada modul side wall *greenhouse* namun belum mengakibatkan lendutan pada engsel lipat. Pemberian gaya samping lebih besar dari 1.5 kg mulai menyebabkan pergeseran posisi engsel akibat tekanan yang besar. Pengujian fungsional *greenhouse* dilakukan dengan melakukan uji kebocoran *greenhouse* dan pengukuran parameter iklim mikro yang melitputi suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya matahari antara bagian luar dan dalam *greenhouse*. Pada uji kebocoran menunjukkan adanya sedikit kebocoran terutama pada sambungan modul *sidewall greenhouse*. Sedangkan berdasarkan pengukuran iklim mikro yang telah dilakukan diketahui bahwa suhu dan kelembapan didalam *greenhouse* lebih tinggi daripada di luar *greenhouse*. Data perbandingan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya matahari ditunjukkan pada **Tabel 4.**

doi https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.04

Tabel 4. Hasil pengukuran suhu, kelembapan, dan intesitas cahaya matahari di dalam dan luar *greenhouse*

Jam	Lingkungan di luar *Greenhouse*				Lingkungan di dalam *Greenhouse*						
					Titik 1		Titik 2		Titik 3		Intensitas Cahaya (Lux)
	Suhu (°C)	RH (%)	Intensitas Cahaya (Lux)	Kondisi Cuaca	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	
8.00	36	51	180500	Cerah	37	53	34	61	36	52	165223
9.00	34	34	178000	Cerah	37	48	35	53	49	38	138586
10.00	34	35	169572	Cerah	39	39	37	42	43	31	153000
11.00	34	41	210000	Cerah	42	32	41	33	39	37	169572
12.00	34	45	170000	Cerah	45	27	43	32	39	40	141044
13.00	39	41	158000	Cerah	44	30	42	32	38	45	43694
14.00	35	51	9793	Berawan	33	60	33.4	59	35	50	6200
15.00	25	75	1730	Hujan	24	89	25	87	25	75	1540

Titik Pengukuran :



Berdasarkan data pengujian yang sudah dilakukan pada penelitian ini, maka perlu dilakukan perbaikan desain terutama untuk memperbaiki kemampuan *greenhouse* dalam menyediakan iklim mikro yang baik untuk tanaman. Ketinggian *greenhouse* yang hanya sebesar 2.6 meter membuat panas dengan mudah terperangkap didalam *greenhouse* meskipun bukaan atas atap sudah dibuka. Sirkulasi udara pada *greenhouse* sebenarnya sudah terjadi. Hal ini dapat dilihat pada data Tabel 4 dimana suhu dan kelembapan rata rata di titik 3 nilainya lebih rendah daripada suhu dan kelembapan di titik 1 dan titik 2. Namun sirkulasi tersebut belum optimal karena material *greenhouse* di side wall bagian bawah berupa plastik polycarbonate yang tidak dapat ditembus udara.Untuk perbaikan desain mendatang dapat dilakukan dengan mengganti material dinding modul side wall dengan dengan bahan kasa yang lebih mudah ditembus atau dengan ukuran mesh lebih besar oleh udara agar sirkulasi udara secara alami dapat lebih optimal terjadi di dalam *greenhouse*.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dibuat sebuah desain dan rancang bangun serta pengujian sebuah prototipe *greenhouse* lipat modular. Desain ini dibuat berdasarkan kebutuhan dari pengguna potensial yang membutuhkan *greenhouse* dengan mobilitas lebih baik. Secara umum semua target sepesifikasi desain dapat dipenuhi pada desain *greenhouse* ini. Namun berdasarkan dari hasil pengujian dan evaluasi perlu dilakukan perbaikan desain untuk mengoptimalkan sirkulasi udara secara alami sehingga *greenhouse* dapat memberikan kondisi iklim mikro yang optimal bagi tanaman.

Daftar Pustaka

[1] R. Shamshiri, “A Review of *Greenhouse* Climate Control and Automation Systems in Tropical Regions,” *J. Agric. Sci. Appl.*, vol. 02, no. 03, pp. 175–182, Sep. 2013. doi: 10.14511/jasa.2013.020307.

[2] A. G. Niam and H. Suhardiyanto, "Root-Zone Cooling in Tropical *Greenhouse*: A Review," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Jun. 2019, vol. 557, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/557/1/012044.

[3] E. Tando, "Review : Pemanfaatan Teknologi *Greenhouse* Dan Hidroponik Sebagai Solusi Menghadapi Perubahan Iklim Dalam Budidaya Tanaman Hortikultura," *BUANA SAINS*, vol. 19, no. 1, p. 91, Oct. 2019. doi: 10.33366/bs.v19i1.1530.

[4] S. Ghani *et al.*, "Design challenges of agricultural *greenhouse*s in hot and arid environments – A review," *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, vol. 12, no. 1. Elsevier B.V., pp. 48–70, Jan. 01, 2019. doi: 10.1016/j.eaef.2018.09.004.

[5] Y. Setiyo, S. Sumiyati, and N. P. Yuliasih, "Analisis Iklim Mikro di *Greenhouse* dengan Atap Tipe Arch untuk Budidaya Bunga Krisan Potong," *J. Ilm. Teknol. Pertan. Agrotechno*, vol. 4, no. 1, p. 24, Jun. 2019. doi: 10.24843/jitpa.2019.v04.i01.p04.

[6] E. Danila and D. D. Lucache, "Efficient lighting system for *greenhouse*s," in *Proceedings of the 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering, EPE 2016*, Dec. 2016, pp. 439–444. doi: 10.1109/ICEPE.2016.7781379.

[7] A. Nafila, D. Prijatna, T. Herwanto, and H. Handarto, "Analisis Struktur Dan Fungsional *Greenhouse* (Studi Kasus Kebun Percobaan Dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran)," *J. Teknotan*, vol. 12, no. 1, Sep. 2018. doi: 10.24198/jt.vol12n1.4.

[8] C. Maraveas, "Wind pressure coefficients on *greenhouse* structures," *Agriculture (Switzerland)*, vol. 10, no. 5. MDPI AG, p. 149, May 01, 2020. doi: 10.3390/agriculture10050149.

[9] W. P. S. Hamzens and M. W. Moestopo, "Pengembangan Potensi Pertanian Perkotaan Di Kawasan Sungai Palu," *J. Pengemb. Kota*, vol. 6, no. 1, p. 75, Jul. 2018. doi: 10.14710/jpk.6.1.75-83.

[10] J. I. Montero *et al.*, "Productivity of a building-integrated roof top *greenhouse* in a Mediterranean climate," *Agric. Syst.*, vol. 158, pp. 14–22, Nov. 2017. doi: 10.1016/j.agsy.2017.08.002.

[11] S. Uslianti, T. Wahyudi, and R. Rahmahwati, "Rancang Bangun Kursi Antropometri Portabel dengan Metode Function Analysis System Technique," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 5, no. 1, p. 119, Jul. 2020. doi: 10.31544/jtera.v5.i1.2019.119-126.

[12] R. Anjani, R. D. Anjani, A. E. Nugraha, R. P. Sari, and D. T. Santoso, "Perancangan Alat Bantu Kerja Dengan Menggunakan Metode Antropometri Dan Material Selection Pada Industri Sepatu," *J. Teknol.*, vol. 13, no. 1, pp. 15–24, Jan. 2021. doi: 10.24853/jurtek.13.1.15-24.

[13] T. K. Chuan, M. Hartono, and N. Kumar, "Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 40, no. 6, pp. 757–766, Nov. 2010. doi: 10.1016/j.ergon.2010.05.001.

[14] N. Choab, A. Allouhi, A. El Maakoul, T. Kousksou, S. Saadeddine, and A. Jamil, "Effect of *Greenhouse* Design Parameters on the Heating and Cooling Requirement of *Greenhouse*s in Moroccan Climatic Conditions," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 2986–3003, 2021. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3047851.

[15] M. Kovac, K. Kovacova, and A. Sedlakova, "Efficiency of natural ventilation in central *greenhouse* of botanical garden in Kosice," 2017. doi: 10.3846/enviro.2017.263.