



PERANCANGAN RESERVOIR PADA MESIN PENABUR BENIH

Alfian Djafar^{1a}, Anggoronadhi Dianiswara², Budiani Fitria Endrawati³, Ridhwan Haliq¹,
Mohammad Abdul Wahab¹, Andiko Na'im Mufadhol¹, Ageng Margyatno¹, Rizal Muhammad
Hakiky¹, Subhan Syuhada¹, Muhammad Ardi Dwi Pramana¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan

²Program Studi Teknik Kelautan, Institut Teknologi Kalimantan

³Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Kalimantan

Korespondensi:

^aProgram Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan
email: alfian.djafar@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang sebuah reservoir benih padi yang dapat mengatur jarak tanam secara presisi dan menganalisis kekuatannya menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)*. Mengingat varietas padi memiliki kebutuhan jarak tanam yang berbeda, penelitian ini akan mengadopsi konsep Jajar legowo. Jarak dalam barisan bervariasi, seperti 100 mm dan 125 mm. Karena profil penampang berbentuk lingkaran, jarak tanam dalam barisan ditentukan dengan menggunakan keliling lingkaran. Simulasi FEA menggunakan ANSYS dengan tahapan berupa *pre processing*, *processing*, dan *post processing*. *Pre processing* memodelkan dan mengatur *mechanical properties* PLA sebagai bahan pilihan. Pada *processing*, tahapan yang dilakukan adalah *meshing*, *fix geometry*, dan pemberian beban. Pemberian beban pada reservoir didistribusikan merata pada *reservoir*. Beban untuk reservoir 100 mm sebesar 3,056 kg, sedangkan reservoir 125 mm memiliki beban sebesar 3,668 kg. Tahap *post processing* menghasilkan deformasi, tegangan, dan juga *safety factor*. Perancangan *reservoir* menghasilkan diameter penampang yang sesuai dengan jarak tanam antar baris pada *reservoir* 100 mm dan 125 mm masing-masing adalah 95,5 mm dan 99,6 mm. Analisis struktur menggunakan FEA menghasilkan deformasi, tegangan, dan *safety factor*. Berdasarkan hasil simulasi, besarnya deformasi, tegangan dan *safety factor* pada reservoir 100 mm adalah 0,0054 mm, 0,599 MPa, dan 13,356. Sedangkan untuk reservoir 125 mm, besarnya besarnya deformasi, tegangan dan *safety factor* pada reservoir 100 mm adalah 0,0064 mm, 0,726 MPa, dan 11,019. dari kedua *reservoir*, *safety factor* dapat dikategorikan aman.

Kata kunci: Diameter, FEA, deformasi, tegangan, *safety factor*

ABSTRACT

This study aims to design a rice seed reservoir that precisely regulates planting distance and analyze its strength using Finite Element Analysis (FEA). Considering that rice varieties have different planting distance requirements, this study will adopt the Jajar-legowo concept. The distance in the row varies, such as 100 mm and 125 mm. Because the cross-sectional profile is circular, the planting distance in the row is determined using the circle's circumference. In addition, the seed reservoir was analyzed using FEA. FEA simulation

uses ANSYS with stages in pre-processing, processing, and post-processing. Pre-processing models and determines the mechanical properties of PLA as the material of choice. In processing, the stages are meshing, fixing geometry, and loading. The loading on the reservoir is evenly distributed on the rice seed reservoir. The load for the 100 mm reservoir is 3.056 kg, while the 125 mm reservoir has a load of 3.668 kg. The post-processing stage produces deformation, stress, and safety factors. The reservoir design produces a cross-section diameter that matches the spacing between rows in the 100 mm and 125 mm reservoirs, which are 95.5 mm and 99.6 mm, respectively. Structural analysis using FEA produces deformation, stress, and safety factors. Based on the simulation results, the deformation, stress, and safety factor in the 100 mm reservoir is 0.0054 mm, 0.599 MPa, and 13.356. For the 125 mm reservoir, the deformation, stress, and safety factor in the 100 mm reservoir is 0.0064 mm, 0.726 MPa, and 11.019. from both reservoirs, the safety factor can be categorized as safe.

Keywords: Diameter, FEA, Deformation, Stress, Safety Factor

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Paser merupakan salah satu penghasil padi di Kalimantan Timur menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kalimantan Timur (Kaltim). Berdasarkan data produksi padi menurut Kabupaten/Kota, Paser menjadi kabupaten penghasil padi terbesar kedua setelah Kutai Kartanegara. Kaltim mengalami penurunan produksi padi dalam beberapa tahun terakhir. Produksi padi mengalami penurunan sebesar 5.252,62 ton atau 2,15 %. Paser mengalami penurunan produksi padi dari 51972,06 ton pada tahun 2021 menjadi 48.202,66 pada tahun 2022 [1]. Produksi padi menurun bukan tanpa sebab. Menurut Plt. Kepala BPS, penurunan produksi padi terjadi sejalan dengan luas lahan yang berkurang. Selain itu, kekeringan akibat el nino menyebabkan gagal tanam dan gagal panen di wilayah Indonesia [2].

Pemerintah Daerah Kabupaten Paser memiliki komitmen dalam mewujudkan ketahanan pangan daerah [3]. Selain untuk kebutuhan masyarakat di Kaltim, Paser juga diproyeksikan untuk menjadi penyangga kebutuhan bagi Ibukota Negara (IKN), salah satunya di bidang pertanian yang menyuplai kebutuhan pangan [4]. Untuk mewujudkan tujuan tersebut, Instansi terkait berupaya menyediakan lahan untuk pertanian, dan akan memberikan bibit padi bersertifikat [5-6]. Mereka sudah merealisasikan penyaluran bantuan benih di 4 kecamatan, yakni Kecamatan Long Ikis, Long Kali, Pasir Belengkong, dan Tanah Grogot [7].

Pemkab Paser mewujudkan ketahanan pangan melalui cara lain, yaitu mekanisasi pertanian. Bantuan mesin pertanian berupa traktor tangan, traktor mini, dan perontok padi serta kendaraan roda tiga pengangkut hasil panen telah didistribusikan ke beberapa tempat [7]. Di samping itu, pengembangan mesin pertanian karya dari salah satu desa yang ada di Paser juga dilakukan. Mesin pertanian yang dikembangkan adalah Alat Tanam Benih Langsung (Atabela) dan telah mendapatkan Hak Kekayaan Intelektual. Agus Salim pada tahun 2023 selaku pemilik Atabela telah mendapatkan hak cipta dengan nomor EC00202344349 [8].

Atabela yang telah diproduksi masih sederhana, karena masih mengandalkan tenaga kerja manusia untuk menariknya. Ketika alat ini ditarik, roda akan berputar dan benih padi akan jatuh ke tanah. Atabela masih perlu dikembangkan untuk mengefisiensikan tenaga dan waktu. Proses mekanisasi pertanian diterapkan untuk mengembangkan Atabela menggunakan motor berbahan bakar, sehingga tenaga manusia bisa berkurang, dan hasilnya lebih maksimal. Atabela juga bisa dikembangkan dengan menggunakan motor listrik dan menerapkan sistem pengisian baterai menggunakan panel surya. Roda perlu dirancang untuk menyesuaikan medan, baik sawah kering maupun yang tergenang air. Selain itu, perancangan reservoir atau wadah untuk menampung bibit padi perlu direncanakan untuk mengatur jarak tanam padi.

Salah satu konsep yang perlu diperhatikan dalam penanaman padi adalah jarak penanamannya. untuk mengatur jaraknya, dunia pertanian mengenal konsep jajar legowo. Metode jajar legowo melibatkan pengaturan pola tanam dengan baris-baris tanaman yang diselingi oleh baris kosong. Berbagai tipe jajar legowo telah dikembangkan, seperti 2:1, 3:1, hingga 6:1. Jarak tanam yang umum digunakan adalah 20 cm, namun dapat disesuaikan menjadi 22,5 cm atau 25 cm tergantung pada varietas dan kondisi tanah [9]. Jarak dalam barisan bervariasi, seperti 10 cm (100 mm), dan 12,5 cm (125 mm) [10]-[12].

FEA memungkinkan dalam memahami perilaku material dan struktur, menghemat biaya, dan meningkatkan keamanan serta keandalan [13]-[15]. FEA merupakan metode numerik yang memecahkan persamaan diferensial parsial untuk memprediksi respons struktur terhadap beban dengan cara membagi

struktur menjadi elemen-elemen [16], [17]. FEA memungkinkan untuk memprediksi tegangan, deformasi, dan perilaku dinamis suatu struktur sebelum dibuat secara fisik. Ketika struktur mengalami defleksi, deformasi juga akan terjadi pada material penyusunnya. Defleksi menjadi bagian penting dalam analisis dan desain struktural, di mana defleksi sering dihitung untuk memastikan apakah nilainya masih dalam batas toleransi [18]. Selain defleksi, tegangan juga diperhitungkan. Ketika suatu struktur dikenai beban, akan timbul gaya-gaya internal yang berusaha melawan deformasi. Gaya internal inilah yang disebut tegangan. Tegangan merupakan respons internal suatu struktur terhadap beban eksternal yang diterapkan [19]. FEA bisa membantu mengidentifikasi potensi kegagalan desain sebelum bentuk fisik dibuat. Hal ini diperhatikan karena berkaitan dengan keselamatan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah faktor keamanan. Faktor keamanan menjadi pedoman utama dalam merancang konstruksi baru dan akan menjadi ukuran efisiensi dalam penggunaan material [20]. Penggunaan faktor keamanan umumnya terjadi saat membandingkan tegangan kekuatan untuk menilai keamanannya [21].

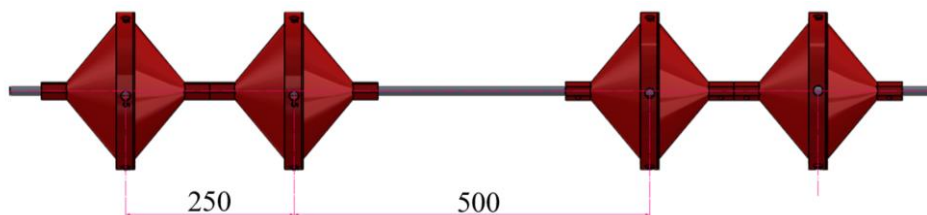
Mengingat varietas padi memiliki kebutuhan jarak tanam yang berbeda, penelitian ini akan mengadopsi konsep jarak legowo. oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang sebuah reservoir benih padi yang dapat mengatur jarak tanam secara presisi. selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis reservoir benih padi menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Penentuan Jarak Penanaman

Penempatan reservoir benih padi sesuai dengan jarak legowo 2:1 dapat dilihat pada Gambar 1. jarak antar lubang reservoir tempat benih jatuh adalah 250 mm, dan spasi antar barisnya sebesar 500 mm. Reservoir dirancang berbentuk kerucut yang memudahkan benih berada di tengah dan menuju lubang tempat keluarnya benih. Karena profil penampang berbentuk lingkaran, jarak tanam dalam barisan ditentukan dengan menggunakan keliling lingkaran. Keliling dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (1), dimana K adalah keliling dan R adalah Radius [22].

$$K = 2\pi R \quad (1)$$



Gambar 1. Penyusunan reservoir Benih Padi

Perencanaan reservoir dilakukan dengan simulasi. Pengujian dimulai dengan membuat model 3D dan melakukan simulasi menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*. Simulasi menggunakan ANSYS dengan tahapan berupa *pre processing*, *processing*, dan *post processing*. Tahapan simulasi menggunakan Ansys dijelaskan sebagai berikut:

2.2 Pre Processing

Pre processing yaitu merupakan proses untuk mendefinisikan geometri dari model sebelum dilakukannya proses simulasi FEA.

a. Pemodelan

Pada tahap ini, pemodelan dilakukan menggunakan *software* berbasis *Computer Aided Engineering*. Pemodelan reservoir disesuaikan dengan hasil penentuan jarak penanamannya. Ukuran reservoir berupa radius ditentukan pada kisaran 95 hingga 96 mm.

b. Pengaturan *Mechanical Properties* dari Material yang digunakan

Pada tahap ini, dilakukan proses penyesuaian *mechanical properties* dari material yang akan digunakan. Material yang digunakan adalah PLA dengan mengambil rujukan dari penelitian terdahulu. *Mechanical properties* sebagai parameter dari penelitian ini adalah dapat dilihat pada Tabel 1. Penelitian ini tidak

menyertakan *yield strength* didalamnya. Oleh karena itu, *yield strength* diperoleh dari *datasheet Mechanical Properties PLA*, dimana *yield strength* dari PLA berada pada rentang 8 hingga 103 MPa. Untuk penelitian ini, dipilih nilai yang paling rendah, yakni 8 MPa [23].

Tabel 1. *Mechanical Properties PLA*

<i>Modulus Young (MPa)</i>	<i>Tensile Strength (MPa)</i>	<i>Elongation at break (%)</i>	<i>Poisson Ratio</i>
4107	62.701	1.841	0.328

*[24]

2.3 Processing

Processing merupakan proses komputasi dengan setup yang telah ditentukan. Adapun tahap *processing* adalah sebagai berikut.

a. Meshing

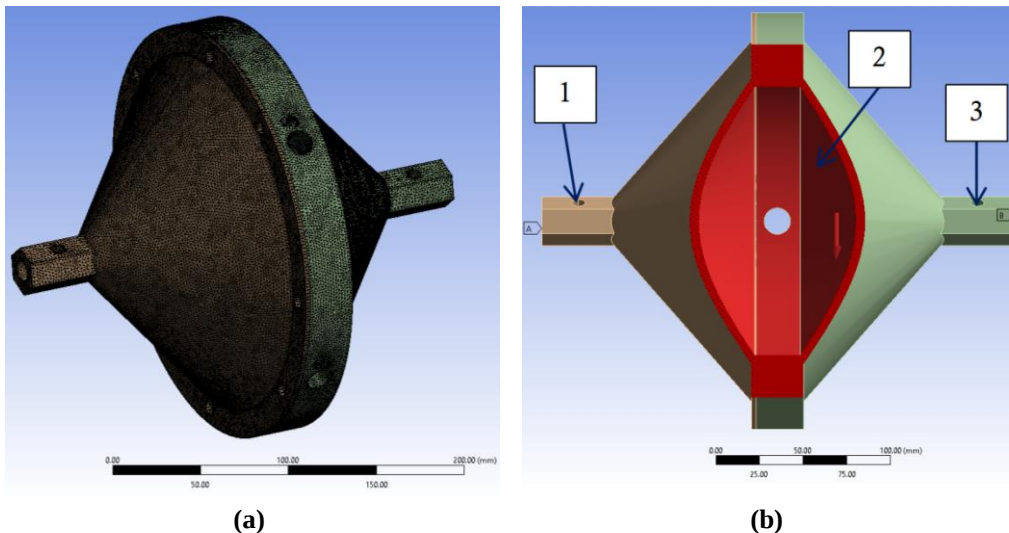
Meshing menjadi salah satu langkah dalam simulasi untuk mendapatkan hasil yang mendekati aktual. *Meshing* dicoba beberapa kali untuk mendapatkan ukuran yang baik. Pada tahap ini dilakukan proses meshing seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2(a). dari beberapa percobaan, *Element Size* pada simulasi ini menggunakan ukuran 1 mm. Setelah itu pilih *Solve* untuk melakukan proses *meshing*.

b. Fix Geometry

Fix Geometry ditunjukkan pada Gambar 2(b). Pada tahap ini, *Fix Geometry* berfungsi sebagai titik tumpuan. Titik tumpuan diposisikan di ujung *reservoir* yang ditunjukkan pada titik 1 dan 3 pada Gambar 2(b).

c. Pemberian Beban

Pemberian Beban ditunjukan pada Gambar 2(b) nomor 2. Pemberian beban pada *reservoir* didistribusikan merata pada *reservoir* benih padi. beban untuk *reservoir* 100 mm sebesar 3,056 kg, sedangkan *reservoir* 125 mm memiliki beban sebesar 3,668 kg.



Gambar 2. *Processing (a) Meshing, (b) Fix Geometry dan Pemberian Beban*

2.4 Post Processing

Tahapan simulasi akan ditampilkan sesuai dengan setup yang dipilih. Hasil simulasi ditampilkan berupa nilai tegangan dan deformasi. Secara teoritis, Tegangan dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (2). Tegangan berbanding lurus dengan momen dan berbanding terbalik dengan momen inersia penampang [25]. Selain itu, *safety factor* juga bisa perlu diperhatikan. *Safety factor* adalah ukuran dasar dalam

perancangan. Berdasarkan persamaan 2. *Safety factor* adalah perbandingan antara *yield strength* dengan *working stress* [20]. *Yield strength* adalah bagian dari *mechanical properties* dari material yang digunakan, sedangkan *working stress* dalam penelitian ini adalah tegangan yang terjadi akibat pembebanan pada reservoir. Jika yang bekerja pada suatu sistem hanya beban statis, maka nilai *safety factor* berada pada nilai 1,25 hingga 2. Sedangkan jika sistem dikenai beban dinamis, *safety factor* yang menjadi acuan dalam perencanaan adalah 2,1 hingga 3 [19].

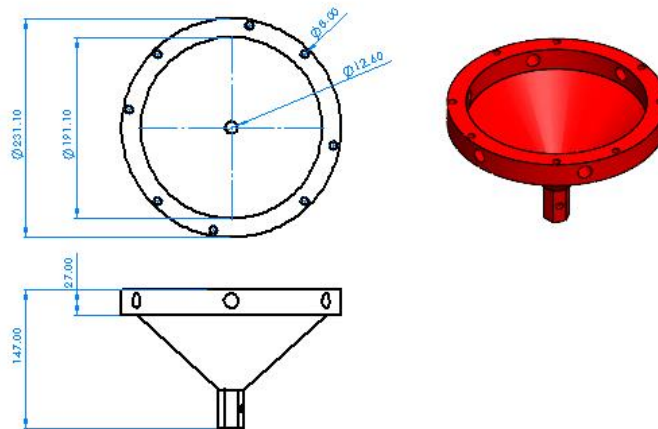
$$\sigma_y = M_y/I \quad (2)$$

$$\text{Safety factor} = \text{yield strength} / \text{working stress} \quad (3)$$

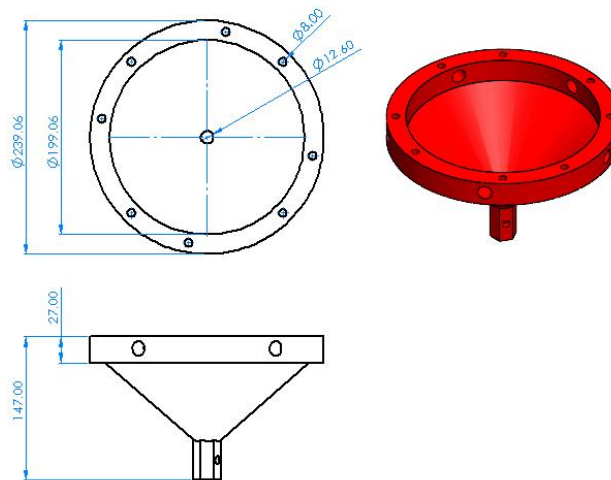
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Jarak Penanaman

Jarak antar barisan ditentukan dengan ukuran 100 mm dan 125 mm. Untuk mendapatkan jarak tersebut, reservoir akan memiliki beberapa lubang yang tersebar di keliling lingkarannya. Radius awal ditentukan dari kisaran 95 mm, sehingga untuk jarak 100 mm dan 125 mm memiliki lubang keluarnya benih masing-masing sebesar 6 dan 5 lubang. Untuk memastikan ketepatan radius reservoir dan jarak tanamnya, perhitungan kembali dilakukan dengan menggunakan persamaan (1). Tabel 2 menunjukkan radius pada jarak tanam antar baris 100 mm. Radius 95,5 mm dan 95,6 mendekati jarak tanamnya. Perhitungan kembali dilakukan dengan melakukan iterasi 0,01 antara radius 95,5 hingga 95,6 mm. Berdasarkan Tabel 3., radius yang mendekati jarak tanam antar baris 100 mm adalah 95,54 dan 95,55 mm, sehingga radius reservoir yang dipilih adalah 95,55 mm. Dengan cara yang sama, jarak antar baris 125 mm memiliki radius reservoir sebesar 99,53 mm. Desain Reservoir untuk jarak tanam antar baris 100 mm dan 12,5 mm dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3(a) menunjukkan reservoir 100 mm memiliki radius 95,55 mm atau diameter 191,1 mm, dan Gambar 3(b) merupakan reservoir 125mm dengan radius 99,53 mm atau diameter 199,06 mm.



(a)



(b)

Gambar 3. Desain Reservoir berdasarkan jarak tanam antar baris (a) 100 mm; (b)125 mm

Tabel 2. Penentuan Radius pada jarak antar baris 100 mm

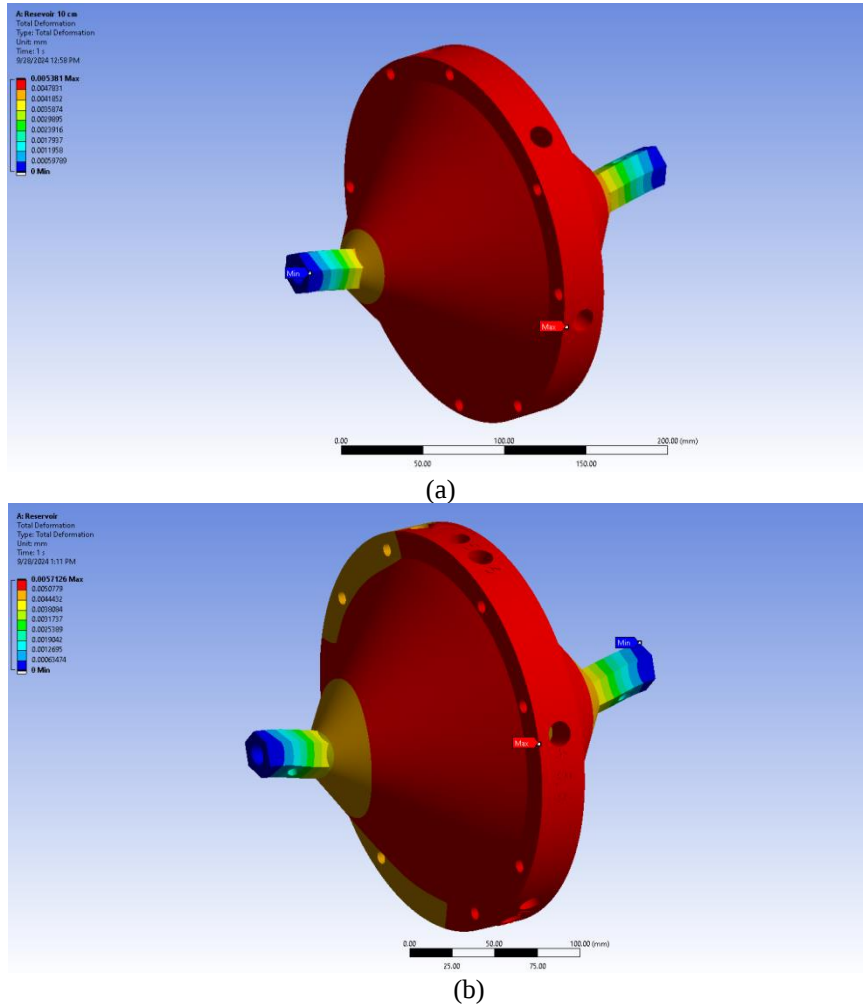
Radius R (mm)	Keliling K (mm)	Jarak Tanam Antar Baris (mm)
95	596,600	99,433
95,1	597,228	99,538
95,2	597,856	99,643
95,3	598,484	99,747
95,4	599,112	99,852
95,5	599,740	99,957
95,6	600,368	100,061
95,7	600,996	100,166
95,8	601,624	100,271
95,9	602,252	100,375
96	602,880	100,480

Tabel 3. Detail Penentuan Radius pada jaran antar baris 100 mm

Radius R (mm)	Keliling K (mm)	Jarak Tanam Antar Baris (mm)
95,5	599,74	99,957
95,51	599,8028	99,967
95,52	599,8656	99,978
95,53	599,9284	99,988
95,54	599,9912	99,999
95,55	600,054	100,009
95,56	600,1168	100,019

95,57	600,1796	100,030
95,58	600,2424	100,040
95,59	600,3052	100,051
95,6	600,368	100,061

3.2 Perencanaan Reservoir

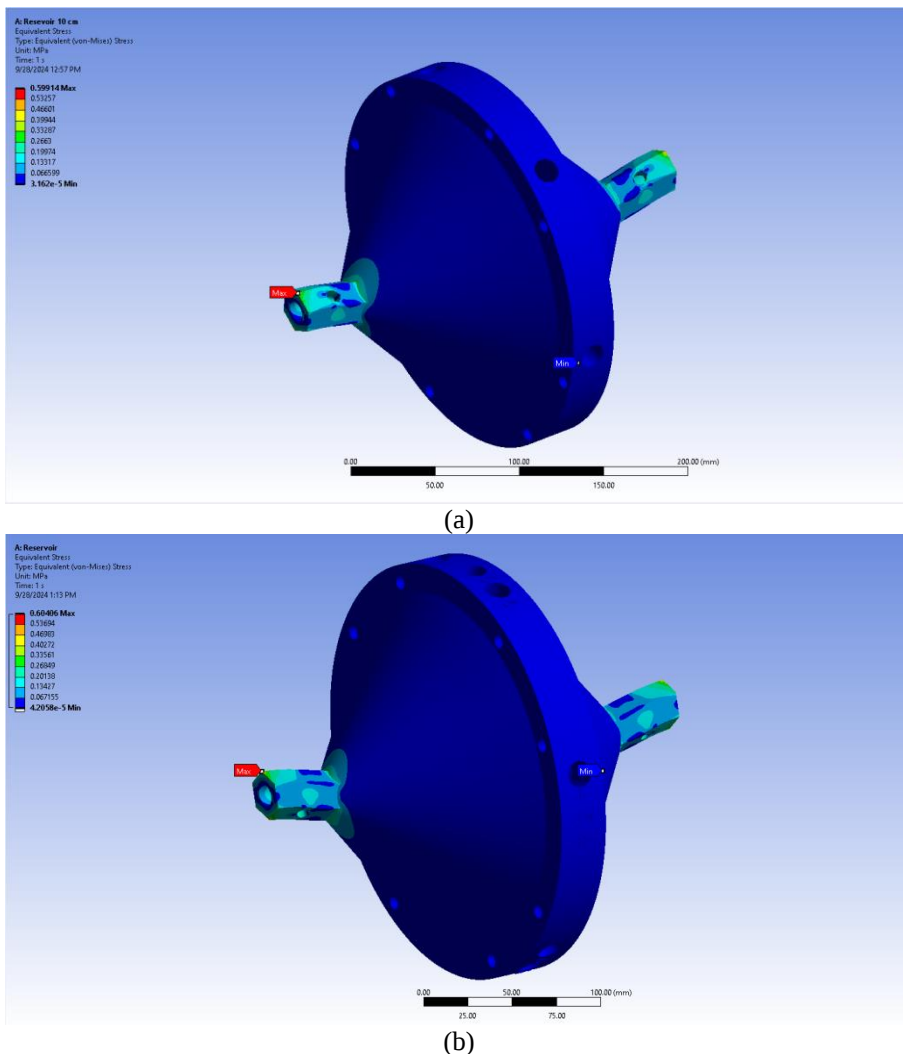


Gambar 4. Deformasi (a) Reservoir 10 mm (b) Reservoir 12,5 mm

Perencanaan reservoir dimulai dengan *past processing* dan *processing* dimana parameter masing-masing tahapan telah dijelaskan pada metode penelitian. Langkah selanjutnya adalah *post processing*. *Post processing* menghasilkan besarnya deformasi dan tegangan serta *safety factor*. Hasil simulasi berupa deformasi dan tegangan masing-masing ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.

Pada Gambar 4, deformasi maksimum ditandai dengan warna merah. Jika merujuk pada Gambar 2(b), deformasi terbesar berada pada daerah nomor 2. Daerah ini merupakan lokasi dari benih padi sebagai bebannya. Deformasi pada struktur di bawah pengaruh beban searah gravitasi biasa disebut defleksi. Besarnya defleksi pada tiap reservoir sesuai jarak tanam antar baris dapat dilihat pada Tabel 4. Reservoir 100 mm dan 125 mm, masing-masing memiliki defleksi sebesar 0,0054 mm dan 0,0064 mm. Reservoir untuk jarak tanam

baris 125 mm memiliki defleksi lebih besar dari reservoir 100 mm. Hal ini disebabkan karena profil penampang yang lebih besar dan juga pembebanan yang diberikan lebih besar jika dibandingkan dengan reservoir 10 mm. Semakin besar load yang diberikan semakin besar juga nilai defleksi [26], sedangkan adanya perubahan dimensi pada profil penampang memengaruhi besarnya defleksi [27].



Gambar 5. Tegangan (a) Reservoir 10 mm (b) Reservoir 12,5 mm

Reservoir 100 mm dan 125 mm memiliki ukuran penampang yang berbeda. Adanya perbedaan profil penampang inilah yang menyebabkan perbedaan tegangan yang terjadi. Hal ini karena profil penampang berhubungan dengan momen inersia. Semakin besar momen inersia (I), maka tegangannya semakin kecil. Pada simulasi tegangan, perbedaan beban yang memiliki pengaruh signifikan terhadap hasilnya. Beban berhubungan dengan momen, sehingga semakin besar beban, maka semakin besar pula nilai tegangan yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 5, nilai tegangan yang dihasilkan pada reservoir 100 dan 125 mm berturut-turut sebesar 0,599 dan 0,726 MPa. Mengacu pada Gambar 5, tegangan terbesar berada pada daerah tumpuan. Tegangan pada tumpuan memungkinkan adanya kombinasi tegangan lentur dan geser.

Tabel 4. Detail Penentuan Radius pada jarak antar baris 100 mm

No	Jarak Tanam antar baris (mm)	Deformasi (mm)	Tegangan Ekvivalen (MPa)	<i>Safety Factor</i>
1	10	0,0054	0,599	13,356
2	12,5	0,0064	0,726	11,019

Setelah meninjau deformasi dan tegangan, langkah selanjutnya adalah menentukan *safety factor*. *Safety factor* didapatkan dengan menggunakan persamaan (3), dimana *working stress* didapatkan dari hasil simulasi tegangan. Hasil perhitungan *safety factor* ditunjukkan pada Tabel 4, dimana nilai *safety factor* pada *reservoir* 100 mm adalah 13,356 dan pada *reservoir* 125 mm sebesar 11,019. Nilai *safety factor* pada kedua ukuran *reservoir* dapat dikatakan sangat aman. Oleh karena itu, pengurangan dimensi bisa dimungkinkan untuk memperkecil nilai *safety factor*. Hal ini bertujuan untuk mengurangi biaya dan efisiensi produksi. Penelitian ini hanya meninjau pembebanan statis. Akan tetapi, perlu peninjauan dengan melakukan simulasi beban dinamis agar bisa memastikan pengurangan biaya dan peningkatan efisiensi produksi [28].

4. KESIMPULAN

Perancangan *reservoir* pada mesin penabur benih untuk menentukan diameter *reservoir* berdasarkan jarak tanam antar baris serta kekuatan strukturnya telah dilakukan. Diameter penampang yang sesuai dengan jarak tanam antar baris pada *reservoir* 100 mm dan 125 mm masing-masing adalah 95,5 mm dan 99,6 mm. Analisis struktur menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) menghasilkan deformasi, tegangan, dan *safety factor*. Berdasarkan hasil simulasi, besarnya deformasi, tegangan dan *safety factor* pada *reservoir* 100 mm adalah 0,0054 mm, 0,599 MPa, dan 13,356. Sedangkan untuk *reservoir* 125 mm, besarnya deformasi, tegangan dan *safety factor* pada *reservoir* 100 mm adalah 0,0064 mm, 0,726 MPa, dan 11,019. dari kedua *reservoir*, *safety factor* dapat dikategorikan aman. Penelitian selanjutnya bisa meninjau pengurangan dimensi beban dinamis agar bisa memastikan pengurangan biaya dan efisiensi produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana karena adanya dukungan penuh dari Institut Teknologi Kalimantan (ITK). ITK melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITK memberikan dukungan berupa pendanaan, fasilitas berupa ruangan serta peralatan laboratorium. Sehingga, civitas akademika ITK dapat melaksanakan kegiatan penelitian dan Pengabdian Masyarakat sebagai wujud pengamalan Tri Dharma Perguruan Tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Kaltim. Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota - Tabel Statistik [Internet]. 2023 [dikutip 28 Februari 2024]. Tersedia pada: <https://kaltim.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzIwIzI=/produksi-padi-menurut-kabupaten-kota.html>
- [2] Rachmawati D. Bisnis.com. 2023 [dikutip 1 Maret 2024]. BPS: Luas Panen dan Produksi Padi Menyusut, Ini Penyebabnya. Tersedia pada: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20230925/99/1698211/bps-luas-panen-dan-produksi-padi-menyusut-ini-penyebabnya>
- [3] kaltimprov. Paser Berkinerja Terbaik Peningkatan Ketahanan Pangan Kaltim [Internet]. 2022 [dikutip 23 Februari 2024]. Tersedia pada: <https://www.kaltimprov.go.id/berita/paser-berkinerja-terbaik-peningkatan-ketahanan-pangan-kaltim>
- [4] Humas Paser. Humas Kabupaten Paser. 2023 [dikutip 2 Maret 2024]. Jadi Salah Satu Daerah Penyangga IKN Nusantara, Sekda : Paser Akan Turut Berperan Dalam Percepatan Pembangunan. Tersedia pada: <https://humas.paserkab.go.id/berita/jadi-salah-satu-daerah-penyangga-ikn-nusantara-sekda-paser-akan-turut-berperan-dalam-percepatan-pemb>

- [5] Liputan6.com. liputan6.com. 2023 [dikutip 3 Maret 2024]. Bantu Pasokan Pangan IKN, Pemkab Paser Siapkan 13 Ribu Hektare Sawah. Tersedia pada: <https://www.liputan6.com/regional/read/5385234/bantu-pasokan-pangan-ikn-pemkab-paser-siapkan-13-ribu-hektare-sawah>
- [6] Wijaya TW. DTPH Fokus Tingkatkan Produktivitas Padi Sawah, Pemkab Paser Alokasikan Bantuan Bibit untuk Lahan Seluas 5.000 Ha - Balpos. 2024 [dikutip 3 Maret 2024]. DTPH Fokus Tingkatkan Produktivitas Padi Sawah, Pemkab Paser Alokasikan Bantuan Bibit untuk Lahan Seluas 5.000 Ha - Balpos. Tersedia pada: <https://www.balpos.com/ppu-paser/1793791393/dtph-fokus-tingkatkan-produktivitas-padi-sawah-pemkab-paser-alokasikan-bantuan-bibit-untuk-lahan-seluas-5000-ha>
- [7] ANTARA News. ANTARA News Kalimantan Timur. 2024 [dikutip 2 Maret 2024]. Pemda Paser salurkan alsintan untuk tingkatkan produksi pangan. Tersedia pada: <https://kalim.antaranews.com/berita/206589/pemda-paser-salurkan-alsintan-untuk-tingkatkan-produksi-pangan>
- [8] Salim A. Alat Tanam Benih Langsung “GLEDEK” [Internet]. EC00202344349, 2023 [dikutip 3 Maret 2024]. Tersedia pada: <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/f00274bb01lead3373b1ea282400b093459e6fa3b54384adf034359ff59c2419?type=copyright&keyword=atabela+gledek&nomor=EC00202344349>
- [9] Bobihoe J. Sistem tanam Jajar Legowo. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian(BPTB) Jambi; 2013.
- [10] Badan Pengkajian Teknologi Pertanian RIAU. Cara Tanam Padi Jajar Legowo.
- [11] Yuwono T, Widodo S, Darwanto DH, Masyhuri, Indradewa D, Somowiyarjo S, dkk. Pembangunan Pertanian: Membangun Kedaulatan Pangan. UGM PRESS; 2019. 447 hlm.
- [12] Abdulrachman S, Mejaya MJ, Agustiani N, Gunawan I, Sasmita P, Guswara A. Sistem Tanam Legowo. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian; 2013.
- [13] Burr DB. The use of finite element analysis to estimate the changing strength of bone following treatment for osteoporosis. *Osteoporos Int.* 1 September 2016;27(9):2651–4.
- [14] Wang S, Zhang J, Malachowski J, Schattenberg D, Ji J. FEA Analysis of Subsea PLET Installation and Operation. Dalam [dikutip 8 Agustus 2024]. Tersedia pada: <https://dx.doi.org/10.1115/OMAE2014-24477>
- [15] Lu N, Li YF, Huang HZ, Ma Q, Wang K. An efficient finite element analysis method for aero engine gear reliability combining co-simulation and surrogate model. Dalam: 2022 Global Reliability and Prognostics and Health Management (PHM-Yantai) [Internet]. 2022 [dikutip 9 Agustus 2024]. hlm. 1–5. Tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9941802>
- [16] Altenbach H, Altenbach J, Kissing W. Finite Element Analysis. Dalam: Altenbach H, Altenbach J, Kissing W, editor. *Mechanics of Composite Structural Elements* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer; 2004 [dikutip 7 Agustus 2024]. hlm. 377–434. Tersedia pada: https://doi.org/10.1007/978-3-662-08589-9_11
- [17] Welch-Phillips A, Gibbons D, Ahern DP, Butler JS. What Is Finite Element Analysis? *Clin Spine Surg.* Oktober 2020;33(8):323.
- [18] Djafar A, Rizianiza I. Studi Defleksi pada Struktur Batang sebagai Dasar Pemilihan Frame Kursi Roda Anak. *SPECTA J Technol.* 30 November 2017;1(3):33–8.
- [19] Radiantho KD, Rahman SM, Fadhillah MH, Arrizal DA, Ramadhani S, Malau KJ, dkk. Analisis Pembebanan Statis Roll Bar Chassis Mobil Hemat Energi. *J CRANKSHAFT.* 26 Juni 2024;7(2):65–73.
- [20] Djafar A, Hadiprasetiyo W. Analisis Struktur Chassis Mobil Listrik Enggang EVO Terhadap Beban Statik. *TRAKSI.* 29 Desember 2020;20(2):122–33.
- [21] Hardiputra F, Djafar A, Sulistijono S. Perancangan As Roda Troli Pemanjat Tangga berdasarkan Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan 2018; Pros SNITT POLTEKBA. 3(1):312–6.
- [22] Imaniyah A, Susanto K, Lestari ASB. Aplikasi Integral untuk Membuktikan Rumus Keliling Lingkaran. *Euler J Ilm Mat Sains Dan Teknol.* 27 Mei 2021;9(1):17–23.

- [23] Overview of materials for Polylactic Acid (PLA) Biopolymer [Internet]. [dikutip 15 Oktober 2024]. Tersedia pada: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=ab96a4c0655c4018a8785ac4031b9278&ckck=1>
- [24] Pinto VC, Ramos T, Alves S, Xavier J, Tavares P, Moreira PMGP, dkk. Comparative Failure Analysis of PLA, PLA/GNP and PLA/CNT-COOH Biodegradable Nanocomposites Thin Films. *Procedia Eng.* 1 Januari 2015;114:635–42.
- [25] Gere JM, Timoshenko SP. *Mekanika Bahan Jilid 1*. Vol. 1. Erlangga; 276 hlm.
- [26] Negara DNKP, Komaladewi AAIAS. Simulasi, Studi Eksperimen dan Analisis Defleksi pada Ujung Bebas Curved Beam Akibat Beban Terkonsentrasi Tunggal. *J Ilm Tek Mesin Cakram.* 1 April 2009;3(1):6–10.
- [27] Sugiharto SS. Analisis dan Pengembangan Model Penampang Profil Baja Struktur Ringan SNI-1729:2015 Untuk Usaha Peningkatan Nilai Kekakuannya. *ROTASI.* 8 November 2020;22(4):215–21.
- [28] Adhywinaya IN, Budiman BA. Structural Design and Analysis of Electric Car Engine Mount. *Int J Sustain Transp Technol.* 29 April 2022;5(1):32–7.