

RANCANG BANGUN SISTEM PELONTAR TIPE *CATAPULT* UNTUK WAHANA TERBANG TIPE *FIXEDWING* ATHA MAPPER 2300

Kaspul Anuar^{1*}, Imam Nugraha², Musthafa Akbar³, Nazaruddin⁴, Warman Fatra⁵
^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5 Simpang Baru
Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru Riau, 28293

*E-mail koresponden: kaspul.anuar@lecturer.unri.ac.id

Diterima: 14 Januari 2022

Direvisi: 12 Juni 2022

Disetujui: 8 Agustus 2022

ABSTRAK

Pada wahana terbang tanpa awak tipe fixedwing, lepas landas menggunakan metode hand launch memiliki beberapa kekurangan yaitu tingkat keamanan (safety) yang rendah bagi operator launcher, sulitnya mendapatkan sudut dan kecepatan lontar yang konsisten. Untuk mengatasi hal tersebut, lepas landas dari wahana terbang tipe fixedwing perlu menggunakan sistem pelontar. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain dan perangkat sistem pelontar wahana Atha Mapper 2300, serta untuk mengetahui performa dari sistem pelontar yang telah dibuat. Proses desain sistem pelontar ini mengacu kepada spesifikasi wahana Atha Mapper 2300 dengan bentang sayap sebesar 2300 mm dan massa maksimum sebesar 6 kg. Pada penelitian ini, sistem pelontar berhasil dirancang bangun dengan panjang 3000 mm, lebar 1400 mm, tinggi 900 mm, sudut kemiringan sebesar 14 derajat dan massa total sebesar 11,162 kg. Hasil perhitungan kekuatan struktur menunjukkan sistem pelontar memiliki nilai faktor keamanan yang memenuhi kriteria desain yaitu lebih besar dari 1,5. Hasil perhitungan juga menunjukkan sistem pelontar mampu menghasilkan kecepatan lontar maksimum sebesar 11,658 m/s. Selanjutnya dari hasil pengujian, sistem pelontar mampu menghasilkan kecepatan lontar maksimum yang mendekati dengan hasil perhitungan, yaitu sebesar 12,116 m/s. Kecepatan lontar ini memenuhi kriteria kecepatan lontar yang ditetapkan yaitu $\geq 11,5$ m/s. Dengan kecepatan yang memenuhi kriteria ini, sistem pelontar berhasil membantu wahana Atha Mapper 2300 untuk lepas landas dengan stabil.

Kata Kunci: Atha Mapper 2300, Sistem Pelontar, Catapult, Launcher.

ABSTRACT

Atha Mapper 2300 is a fixed wing aircraft, which is the next generation of Atha Mapper 2150. In order to finish its mission, the aircraft used to take off by hand launch method. Hand launch method utilize the throwing force of the launch operator to take off. The method has many issues, such as low safety degree, and inconsistent take off angle and speed. The purpose of this research are to design a launcher for Atha Mapper 2300 UAV, to determine the structural strength for Atha Mapper 2300 launcher system, to produce the designed launcher system, and to find out the performance of the produced launcher system. The design process was based on the Atha Mapper 2300 specification, which are 2300 mm of wingspan, MTOW: 6 Kg, and 10 m/s of stall speed. The result of the design was a launcher system with dimension of 3000 mm length, 1400 mm wide, 900 mm height, and 14° inclination angle. The launcher system was a catapult type launcher with 30 x 60 x 1.2 mm hollow stainless steel as its main material, and has a total mass of 11.162 Kg. The structural strength calculation resulted a criteria fulfillment of 113.4. The calculation also resulted a maximum launch speed of 11.658 m/s. Then, practically the produced launcher result a maximum launch speed of 12.116 m/s which is relatively close to the theoretical calculation. The speed fulfill the initial criteria which is ≥ 11.5 m/s. By these results, the launcher system was claimed to be successfully help Atha Mapper 2300 to have a stabilized take off.

Keywords: Atha Mapper 2300, Launcher System, Catapult, Launcher.

PENDAHULUAN

Wahana Atha Mapper 2300 adalah salah satu wahana terbang tanpa awak yang diproduksi oleh tim robot terbang Teknik Mesin Universitas Riau. Wahana ini merupakan generasi pelanjut dari generasi sebelumnya Atha Mapper 2150 (Anuar et al., 2020). Keunggulan wahana ini dibanding pendahulunya, yaitu *flight time* lebih lama dan jangkauan yang lebih jauh.

Dalam menjalankan misinya, wahana Atha Mapper 2300 lepas landas menggunakan metode *hand launch*. Metode *hand launch* yaitu metode yang memanfaatkan gaya lempar yang diberikan oleh operator *launcher* pada saat lepas landas (S.M. Woo, D.H. Kim, 2021). Metode ini memiliki beberapa kekurangan yaitu sulitnya mendapatkan sudut dan kecepatan lontar yang konsisten. Pada saat proses *hand launch* wahana, *propeller* yang berputar rentan membahayakan keselamatan dari operator *launcher*. Selain itu, wahana dengan massa lebih dari 4 kilogram tidak efektif lepas landas menggunakan metode *hand launch* karena menyulitkan operator *launcher* untuk melontarkan wahana tersebut.

Untuk menjadikan wahana Atha Mapper 2300 mampu lepas landas dengan sudut dan kecepatan yang konstan, maka pada penelitian ini dirancang bangun sistem pelontar tipe *catapult launcher*. Sistem pelontar ini didesain agar mampu melontarkan wahana terbang dengan bobot maksimum sebesar 6 kg.

Tinjauan Pustaka

1. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau dalam Bahasa Indonesia disebut Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA), telah digunakan pada bidang militer dengan berbagai tujuan, seperti pemotretan wilayah musuh, wilayah konflik atau untuk memata-matai musuh (Anuar et al., 2019). Dalam bidang sipil, UAV telah digunakan untuk pemetaan daerah terpencil, pemantauan gunung berapi, pemantauan lalu lintas atau pemotretan daerah pasca bencana (Sadraey H, 2020). Berdasarkan sayapnya, UAV dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu tipe *fixed wing* dan *rotary wing*. UAV tipe *fixed wing* merupakan jenis pesawat tanpa

awak dengan bentuk sayap tetap, sedangkan UAV tipe *rotary wing* merupakan pesawat tanpa awak dengan sayap yang berputar (Corda, 2017).

2. UAV *Fixed Wing*

UAV jenis ini berbentuk seperti pesawat komersial dan memiliki keunggulan berupa daya jangkauan yang lebih luas (Fahlstrom & Gleason, 2012). UAV tipe *fixed wing* biasanya digunakan untuk misi pemetaan (*mapping*) atau pemantauan pada area yang luas. Selain itu, UAV ini relatif lebih efisien dalam hal penggunaan energi pada sistem propulsinya, lebih aerodinamis dan dapat terbang dengan kecepatan tinggi.

3. Wahana Terbang Atha Mapper 2300

Atha Mapper 2300 adalah sebuah wahana terbang karya Tim Riset UAV Serindit Aero Universitas Riau. Wahana ini ditujukan untuk mengikuti perlombaan Kontes Robot Terbang Indonesia (KRTI), yang merupakan lomba tahunan antar perguruan tinggi di seluruh Indonesia. Tabel 1 menampilkan spesifikasi wahana Atha Mapper 2300.

Tabel 1. Spesifikasi wahana terbang Atha Mapper 2300

Spesifikasi	Karakteristik
Jenis Wing	Fixed Wing
Panjang <i>Fuselage</i>	1500 mm
Massa <i>Fuselage</i>	600 gram
Bentang sayap	2300 mm
Motor penggerak	Motor brushless
Material bodi	Komposit <i>fiberglass</i>
Material Sayap	Komposit <i>foam core</i>
Massa maksimum wahana	6 kg

Wahana Atha Mapper 2300 memiliki daya jangkauan relatif lebih jauh dan cocok untuk misi pemetaan (*mapping*) pemantauan udara. Gambar 1 menampilkan wahana terbang Atha Mapper 2300.



Gambar 1. Wahana terbang Atha Mapper 2300

4. Sistem Pelontar UAV Tipe *Catapult*

Sistem pelontar UAV tipe *catapult* adalah sistem pelontar yang digunakan untuk memindahkan energi yang sebelumnya terakumulasi dalam *bungee cord* ke UAV sehingga UAV memiliki energi yang cukup untuk meninggalkan pelontar (Lu et al., 2020). Sistem pelontar tipe *catapult* terdiri dari mekanisme peluncuran, rangka, lintasan dan *carriage*. Sistem pelontar ini cocok untuk wahana dengan massa maksimum lebih dari 5 kg. Gambar 2 menampilkan sistem pelontar tipe *catapult* (Miller et al., 2014).



Gambar 2. Sistem pelontar tipe catapult

5. Mekanisme Peluncuran

Terdapat beberapa mekanisme yang dapat digunakan pada pelontar tipe *catapult* diantaranya adalah: *tension gas spring*, *pneumatic piston*, *bungee cord*. Pelontar dengan *bungee cord* merupakan mekanisme yang paling lazim digunakan. Pelontar ini memiliki tujuh kriteria keunggulan dalam hal: ukuran, berat, konsistensi, daya tahan, jumlah energi output yang diperlukan, biaya, dan keamanan. *Bungee cord* terdiri dari beberapa helai karet elastis sehingga membentuk satu

kesatuan, dan dilapisi oleh tenunan kapas atau selubung *polypropylene*. Pemilihan *bungee cord* tergantung pada dua faktor kunci, (1) konstanta *bungee cord* dan (2) jumlah *bungee cord* yang akan digunakan untuk memperbesar gaya.

6. Kinerja Sistem Pelontar

Kinerja sistem pelontar tergantung pada jarak lontar, percepatan, dan kecepatan lepas landas yang dihasilkan untuk meluncurkan wahana. Dengan adanya gaya yang saling berinteraksi dan adanya gaya eksternal yang tidak konstan, analisis kinerja sistem pelontar ditentukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut (Muliadi, 2018):

1. Aerodinamis (semua gaya dan momen aerodinamis) diabaikan.
2. Angin di sekitar lokasi peluncuran diabaikan.
3. Massa tali elastis diabaikan.
4. Kekakuan tali elastis adalah konstan.

Karakteristik *bungee cord* dapat memberikan hasil yang lebih baik, apabila rentang perpanjangan operasi *bungee cord* mulai dari 20% sampai 80% (Novaković & Medar, 2013). Selanjutnya, agar wahana dapat lepas landas dengan baik, wahana harus memiliki daya angkat yang cukup. Maka dari itu pelontar harus menghasilkan kecepatan 15% lebih besar dari kecepatan *stall*. Persamaan 1, Persamaan 2 dan Persamaan 3 digunakan untuk menghitung kinerja pelontar berupa waktu efektif pelontar, jarak lontar, dan kecepatan lontar (Novaković & Medar, 2013):

$$t_F = \sqrt{\frac{m}{q_r}} \arccos \frac{x(t_F) - \frac{mg}{q_r} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - b + \frac{T+n_r}{q_r}}{x_0 + \frac{T+n_r}{q_r} - \frac{mg}{q_r} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - b} \dots \dots \dots (1)$$

$$x(t) = \left[\frac{x_0 + T + n_r}{q_r} - \frac{mg}{q_r} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - b \right] \cos \sqrt{\frac{q_r}{m}} t + \frac{mg}{q_r} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) + b - \frac{T+n_r}{q_r} \dots \dots \dots (2)$$

$$\dot{x}(t) = - \left[x_0 + \frac{T+n_r}{q_r} - \frac{mg}{q_r} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - b \right] \sqrt{\frac{q_r}{m}} \sin \sqrt{\frac{q_r}{m}} t \dots \dots \dots (3)$$

7. Analisis Kekuatan Struktur

Dalam perancangan sistem pelontar UAV, analisis kekuatan struktur penting dilakukan pada bagian- bagian sistem pelontar UAV terutama pada bagian rangka yang menahan

beban gaya berat wahana dan gaya tarik dari *bungee cord*. Output dari analisis kekuatan struktur akan didapat parameter berupa tegangan maksimum (Nazaruddin et al., 2020), nilai faktor keamanan dan defleksi yang terjadi pada struktur (Nazaruddin et al., 2021). Persamaan 4 dan Persamaan 5 berikut, masing-masing digunakan untuk menghitung nilai tegangan normal akibat gaya aksial dan nilai tegangan normal akibat momen lentur (Soetanto & Tritjahjono, 2016).

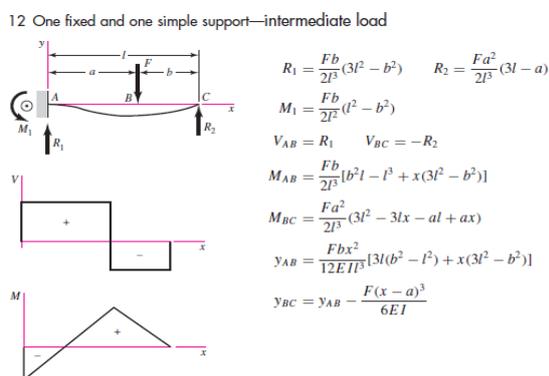
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{M.c}{I} \quad (5)$$

Rasio yield strength terhadap beban digunakan untuk menentukan faktor keamanan. Persamaan 6 digunakan untuk menentukan nilai faktor keamanan (*safety factor*).

$$Safety\ Factor = \frac{yield\ strength}{load} \quad (6)$$

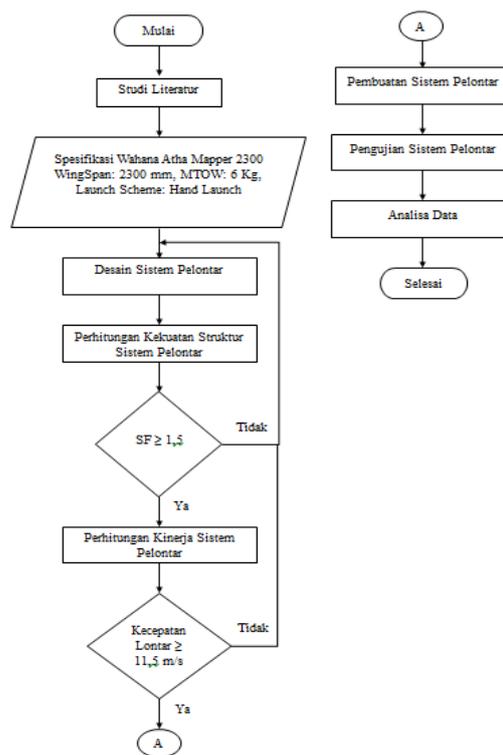
Sebuah balok akan mengalami defleksi jika mengalami pembebanan, dimana defleksi tersebut akan berbentuk radius tertentu dalam rentang elastisitasnya. Gambar 3 menampilkan persamaan untuk menghitung gaya reaksi terjadi pada kantilever dengan tumpuan roll dan jepit (Budynas & Keith, 2015).



Gambar 3. Persamaan gaya reaksi pada *cantilever* dengan tumpuan jepit dan roll dengan beban terpusat.

METODE PENELITIAN

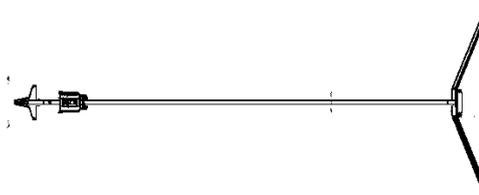
Gambar 4 menampilkan diagram alir penelitian rancang bangun sistem pelontar untuk wahana Atha Mapper 2300.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

1. Penentuan Dimensi Rangka Dan Bagian Penyusun Sistem Pelontar

Sistem pelontar yang akan didesain bertipe *catapult*. Tipe *catapult* dipilih karena cocok untuk wahana dengan massa maksimum lebih dari 5 kg. Dimensi rangka sistem pelontar dibuat berdasarkan spesifikasi wahana Atha Mapper 2300 (Tabel 1). Sesuai spesifikasi, wahana Atha Mapper 2300 memiliki dua buah motor di bagian sayap, agar tidak mengganggu sistem penggerak maka pelontar didesain dengan batang utama tunggal. Gambar 5 menampilkan dari desain sistem pelontar tampak atas.



Gambar 5. Desain sistem pelontar tampak atas

Saat lepas landas, wahana Atha Mapper 2300 terbang dengan sudut serang sebesar 16° . Sudut sayap wahana relatif terhadap *fuselage* sebesar 2° , sehingga batang utama sistem pelontar didesain dengan sudut kemiringan sebesar 14° . Dengan tinggi kaki bagian

belakang sebesar 150 mm, panjang pelontar 3000 mm, maka tinggi kaki depan sistem pelontar dapat dihitung dengan teorima pitagoras sebagai berikut:

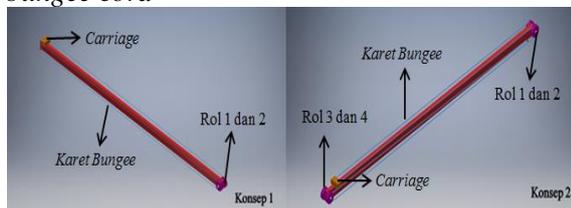
$$y_2 = 3000 \text{ mm} \times \tan 14^\circ = 748 \text{ mm}$$

$$y_2 = 748 \text{ mm}$$

Dari perhitungan tersebut, didapat tinggi kaki depan sistem pelontar yaitu $y_1 + y_2$, 150 mm + 748 mm = 898mm \approx 900 mm.

2. Penentuan Konsep Rangka Berdasarkan Gulungan Karet Bungee Cord

Desain konsep rangka sistem pelontar divariasikan berdasarkan gulungan karet *bungee cord*. Setelah ditetapkan konsep sistem pelontar, selanjutnya dilakukan pembuatan variasi gulungan karet *bungee cord* menggunakan *Software Solid Work*. Gambar 6 menampilkan konsep desain rangka sistem pelontar tipe *catapult* menggunakan karet *bungee cord*



Gambar 6. Konsep desain rangka sistem pelontar tipe Catapult

Keterangan:

- Konsep 1: Rangka pelontar tipe *Catapult* menggunakan karet *bungee* dengan satu gulungan karet *bungee cord*.
- Konsep 2: Rangka pelontar tipe *Catapult* menggunakan karet *bungee* dengan dua gulungan karet *bungee cord*.

Berdasarkan dua konsep desain rangka yang ada, dilakukan pemilihan konsep desain rangka sistem pelontar tipe *Catapult* menggunakan matrik pemilihan untuk mendapatkan desain terbaik dari beberapa alternatif desain. Desain yang memiliki poin tertinggi berdasarkan aspek kemudahan fabrikasi, kemudahan perakitan, waktu setup, biaya pembuatan, jumlah komponen.

3. Matriks Pemilihan Keputusan Desain Rangka

Matriks pemilihan keputusan adalah suatu metode pengambilan keputusan terhadap beberapa alternatif. Pada metode pemilihan digunakan untuk membandingkan dan memilih solusi terbaik dari sekumpulan alternatif yang ada. Semakin penting suatu kriteria maka akan semakin tinggi pula bobotnya. Sehingga nantinya akandidapatkan alternatif keputusan terbaik berdasarkan kriteria keputusan yang telah ditetapkan.

Pada desain konsep 1, karet *bungee* diputar satu kali, dimana salah satu ujung karet yang terikat pada *carriage* di tarik ke ujung rangka bagian depan melalui rol satu dan dua kemudian di putar ke belakang dan ujung karet diikat pada ujung rangka bagian belakang seperti tampak pada Gambar 6 desain konsep 1.

Pada desain konsep 2, karet *bungee* diputar dua kali, dimana salah satu ujung karet yang terikat pada *carriage* ditarik ke ujung depan rangka melalui rol satu dan dua kemudian di putar ke ujung rangka belakang, setelah melalui rel tiga dan empat selanjutnya karet di tarik ke depan dan diikat pada ujung rangka bagian depan seperti tampak pada Gambar 6 desain konsep 2. Dilihat dari komponen yang dibutuhkan, desain konsep 1 menggunakan dua rol pada bagian ujung rangka sebagai landasan karet *bungee* yang akan di putar dan di tarik ke bagian ujung rangka belakang. Desain konsep 2 membutuhkan tambahan 2 buah *rol* yang terletak pada ujung bagian belakang rangka sistem pelontar, karena karet *bungee* setelah sampai di ujung belakang kembali di putar dan di tarik ke ujung rangka bagian depan, sehingga totalnya menggunakan empat buah rol. Hal ini membuat desain konsep 1 lebih unggul disisi fabrikasi, jumlah komponen, dan biaya pembuatan. Sedangkan dari sisi waktu *setup*, dikarenakan karet *bungee* pada desain konsep satu hanya di putar satu kali maka hal ini akan memangkas waktu *setup* desain konsep satu, sehingga desain konsep satu lebih unggul. Dari sisi keamanan pengoperasian, kedua konsep penempatan *bungee* sama-sama memiliki resiko kecelakaan terhadap operator pengguna. Tabel 2 menampilkan matriks pemilihan keputusan desain rangka.

Tabel 1. Matriks Pemilihan Keputusan Desain Rangka.

No.	Kriteria	Bobot (%)	Konsep	
			Satu	Dua
1	Kemudahan fabrikasi	20	3	2
2	Jumlah komponen	20	3	3
3	Waktu <i>set-up</i>	20	3	2
4	Keamanan pengoperasian	25	2	2
5	Biaya pembuatan	15	3	2
Total		100	2,75	2,2

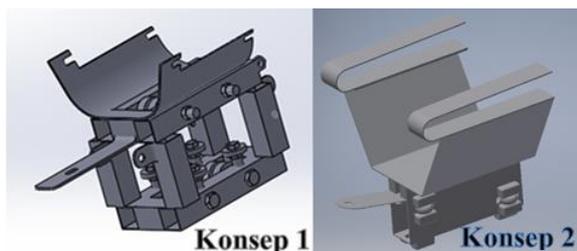
Keterangan:

- 1 = Kurang Baik
- 2 = Cukup Baik
- 3 = Baik
- 4 = Sangat Baik

Dari Tabel 2 terlihat konsep 1 terpilih sebagai desain terpilih dengan nilai matriks sebesar 2,75.

4. Penentuan Konsep Desain Carriage

Ada dua jenis konsep *carriage* yang akan dipilih, yaitu: konsep 1 dan konsep 2. Gambar 7 menampilkan kedua konsep desain *carriage*



Gambar 7. Desain konsep carriage

- a. Konsep 1: Penempatan *fuselage* wahana pada *carriage*.
- b. Konsep 2: Penempatan sayap wahana pada *carriage*

Dari kedua konsep yang terlihat pada Gambar 7, terdapat perbedaan pada posisi *carriage* dalam menopang wahana. Pada desain konsep 1, *carriage* menopang wahana pada bagian badan wahana (*fuselage*). Sedangkan pada desain konsep 2, *carriage* menopang wahana pada bagian sayap. Desain yang memiliki poin tertinggi dinilai berdasarkan aspek kemudahan fabrikasi, kemudahan perawatan, dan dimensi sistem pelontar.

5. Matriks Pemilihan Keputusan Konsep Carriage

Matriks pemilihan keputusan konsep *carriage* dimaksudkan untuk memilih satu dari dua konsep yang diajukan. Pada konsep 1, *carriage* dibuat dengan *hollow steel* ukuran 25 mm x 25 mm x 2 mm. Konsep 1 juga didesain menggunakan plat baja setebal 2 mm sebagai dudukan pada *fuselage*. Sedangkan pada konsep 2, *carriage* dibuat dengan plat baja setebal 2 mm lalu dibentuk sesuai ukuran yang telah ditentukan. Kemudian plat baja setebal 2 mm juga digunakan sebagai dudukan sayap wahana. Hal ini menunjukkan dari sisi kemudahan fabrikasi dan dimensi, konsep 1 lebih unggul dari konsep 2. Ditinjau dari kemudahan perawatan, dikarenakan konsep 1 terbuat dari besi *hollow square* dan relatif terbuka dibandingkan konsep 2 yang memiliki bentuk *carriage* tertutup. Hal ini akan memudahkan perawatan dan perbaikan pada desain konsep 1. Namun dari sisi pembuatan konsep 1 lebih rumit dibandingkan konsep 2, terutama dalam membuat dudukan sesuai bentuk *fuselage* wahana. Dengan menggunakan matriks pemilihan keputusan, konsep *carriage* dipilih berdasarkan total nilai dari masing-masing kriteria. Tabel 3 menampilkan matriks pemilihan keputusan bentuk *carriage*.

Tabel 3. Matrik Pemilihan Keputusan Bentuk Carriage.

No.	Kriteria	Bobot (%)	Konsep	
			Satu	Dua
1	Kemudahan fabrikasi	25	4	3
2	Dimensi sistem pelontar	25	4	2
3	Kemudahan perawatan	20	3	2
Total		100	2,6	1,65

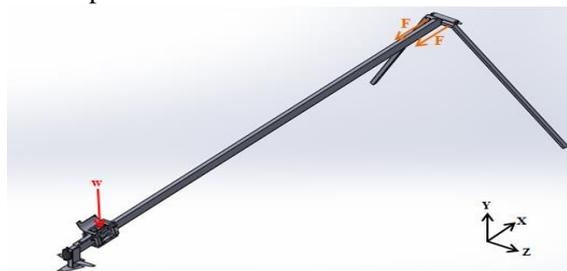
Keterangan:

- 1 = Kurang Baik
- 2 = Cukup Baik
- 3 = Baik
- 4 = Sangat Baik

Dari Tabel 3, ditetapkan bahwa desain konsep 1 dipilih sebagai desain *carriage* sistem pelontar UAV Atha Mapper 2300. Hal ini dikarenakan desain konsep 1 memiliki nilai tertinggi sebesar 2,6.

6. Pembuatan Gambar Desain Lengkap Sistem Pelontar Tipe Catapult

Gambar desain lengkap sistem pelontar untuk wahana UAV Atha Mapper 2300 dibuat pada *software solidwork* dengan menggunakan desain rangka konsep 1 dan desain *carriage* konsep 1. Posisi karet *bungee* terletak disisi kanan dan kiri pelontar. Dua buah *roll* ditambahkan sebagai bantalan karet *bungee* pada bagian ujung depan rangka. Karet *bungee* ditarik sebanyak satu putaran dengan posisi *carriage* menopang wahana pada bagian *fuselage*. Sistem pelontar ini terdiri dari 4 bagian yakni rangka, mekanisme *release*, *carriage* dan karet *bungee*. Gambar 8 menampilkan hasil pembuatan desain lengkap sistem pelontar



Gambar 8. Desain lengkap sistem pelontar

7. Estimasi Massa Desain Sistem Pelontar

Setelah gambar desain selesai dibuat, selanjutnya dilakukan perhitungan estimasi massa sistem pelontar pada *software solidwork* dengan cara menginput jenis material pada desain sistem pelontar. Bagian rangka sistem pelontar diinput menggunakan material *stainless steel 304* sedangkan *carriage* dan dudukan *release* diinput dengan material *steel AISI 1020*. Hasil perhitungan estimasi massa total sistem pelontar dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Massa Sistem Pelontar

No	Komponen	Massa	Keterangan
1.	Rangka depan	2,160 Kg	<i>Solid works</i>
2.	Rangka tengah	1,510 Kg	<i>Solid works</i>
3.	Rangka belakang	2,715 Kg	<i>Solid works</i>
4.	Solenoid	0,989 Kg	<i>Solid works</i>
5.	Tiang depan	1,880 Kg	<i>Solid works</i>
6.	<i>Carriage</i>	1,906 Kg	<i>Solid works</i>
Total		11,16 Kg	

8. Perhitungan Kekuatan Struktur Desain Sistem Pelontar UAV Serindit V-2

Tabel 5 menampilkan mekanikal *properties* material *stainless steel 304* yang akan digunakan dalam pembuatan rangka sistem pelontar.

Tabel 5. Mekanikal properties stainless steel 304

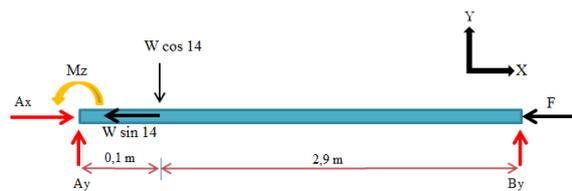
Mechanical Properties	Metric	English
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	505 MPa	73200 psi
<i>Tensile Yield Strength</i>	215 MPa	31200 psi
Modulus of Elasticity	193-200 GPa	28000-29000 ksi

Analisis kekuatan struktur rangka sistem pelontar dimulai dengan membuat gambar diagram benda bebas berdasarkan beban real yang bekerja berupa berat wahana dan gaya tarik dari *bungee cord*. Gambar 9 menampilkan kondisi sistem pelontar saat diberi beban berupa gaya *W* (berat wahana dan berat *carriage*) dan gaya tarik (*F*) dari karet *bungee*.



Gambar 9. Kondisi pembebanan sistem pelontar

Selanjutnya dibuat Diagram Benda Bebas (DBB) pada batang utama sistem pelontar. Gaya tarik *bungee cord* diasumsikan bekerja langsung pada batang utama sistem pelontar. Gambar 10 menampilkan Diagram Benda Bebas (DBB) dari batang utama sistem pelontar.



Gambar 10. DBB dari batang utama sistem pelontar pada bidang X-Y

Dari DBB yang telah dibuat, perhitungan dilanjutkan dengan pembuatan diagram gaya geser, diagram gaya tarik dan diagram momen. Terakhir dilakukan perhitungan terkait nilai tegangan yang terjadi, nilai faktor keamanan, dan defleksi yang terjadi disepanjang batang sistem pelontar berdasarkan Persamaan 4, Persamaan 5 dan Persamaan 6.

9. Perhitungan Kinerja Sistem Pelontar Wahana Atha Mapper 2300

Pengukuran gaya tarik dari karet *bungee*

Dalam menghitung nilai kekuatan struktur batang utama sistem pelontar, dibutuhkan data massa wahana dan besar gaya tarik maksimum dari *bungee* yang digunakan. Massa wahana Atha Mapper 2300 didapat sebesar 6 kg melalui penimbangan, sedangkan nilai gaya tarik dari *bungee* didapat melalui proses pengukuran menggunakan timbangan pegas seperti tampak pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengukuran nilai gaya tarik bungee cord

Setelah seluruh nilai gaya tarik dari setiap perpanjangan didapat, data di input ke *microsoft excel* guna memudahkan pengolahan data.

Perhitungan kecepatan lontar yang dihasilkan

Kinerja sistem pelontar dinilai berdasarkan kecepatan lontar maksimum yang dihasilkan pada wahana terbang. Perhitungan kecepatan lontaran diawali dengan menghitung waktu

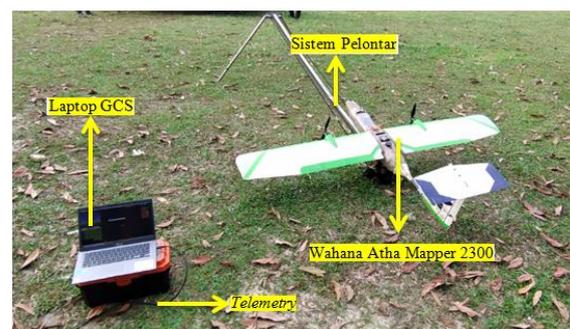
efektif lontaran. Waktu efektif lontaran ialah waktu yang dihitung dari pelontar mulai bekerja hingga wahana mencapai kecepatan awal maksimum. Perhitungan waktu efektif lontaran dilakukan dengan menggunakan Persamaan 1 dengan parameter sebagai berikut:

x_0	= 5,90 m	α	= 14°
n_r	= 99,837 N	b	= 2,8 m
q_r	= 11,183 N/m	T	= 29,43 N
M	= 7,7 Kg	L	= 3,86 m
μ	= 0,1		

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung jarak lontar. Jarak lontar ialah jarak dari titik terakhir pelontar bekerja hingga titik jatuh wahana setelah dilontarkan. Jarak lontar dihitung dengan menggunakan Persamaan 2. Terakhir dihitung kecepatan lontar yang dihasilkan. Kecepatan lontar ialah kecepatan yang dihasilkan untuk meluncurkan wahana. Batas kecepatan minimum yang dihasilkan sistem pelontar minimal 15% lebih besar dari kecepatan *stall* wahana Atha Mapper 2300 (11 m/s). Kecepatan lontar dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

10. Pengujian Sistem Pelontar

Setelah sistem pelontar berhasil dirancang bangun, kemudian dilakukan pengujian secara aktual dari sistem pelontar yang telah dibuat. Hal ini untuk memastikan bahwa kecepatan yang dihasilkan oleh sistem pelontar telah memenuhi kriteria yang ditentukan (kecepatan lontar $\geq 11,5$ m/s) serta sistem pelontar mampu membantu wahana untuk lepas landas. Gambar 12 menampilkan set-up pengujian sistem pelontar pada UAV Atha Mapper 2300.



Gambar 12. Set-up pengujian

Dalam pengujian, nilai kecepatan lontar pada Wahana Atha Mapper 2300 dibaca

menggunakan *air speed sensor* yang dipasang pada bagian *fuselage*. *Air speed sensor* tersebut terhubung ke *flight controller*. Gambar 13 menampilkan *air speed sensor* yang terpasang pada wahana.



Gambar 13. Air speed sensor pada wahana

Proses pengujian dilakukan dengan cara melakukan *take off* wahana dengan bantuan sistem pelontar pada posisi *throttle* motor 50%. Wahana yang telah dilontarkan kemudian dibiarkan tetap melayang sampai ketinggian wahana turun akibat kecepatan lontar telah berkurang. Sebelum wahana jatuh dan kehilangan kendali, pilot segera mengambil alih kontrol untuk menaikkan ketinggian dan menerbangkan wahana hingga *landing*. Pengujian ini dilakukan sebanyak lima kali dengan prosedur yang sama untuk mendapatkan hasil yang akurat. Setelah mendarat *flight controller* akan direset ulang guna menghasilkan data yang terpisah antar pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

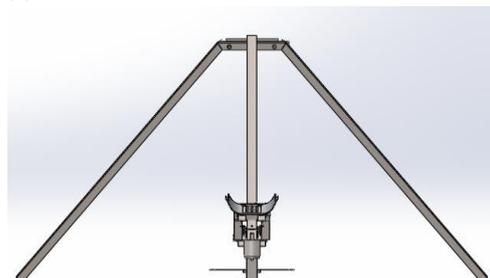
1. Hasil Desain Sistem Pelontar Wahana Atha Mapper 2300

Tabel 6 menampilkan spesifikasi desain sistem pelontar wahana Atha Mapper 2300.

Tabel 6. Spesifikasi desain sistem pelontar Wahana Atha Mapper 2300

Parameter	unit
Panjang lintasan	3000 mm
Lebar	1400 mm
Tinggi depan	900 mm
Tinggi belakang	150 mm
Kemiringan lintasan	14°
Panjang karet <i>bungee</i>	3,28 m
Perpanjangan karet	80%
Sistem release	Solenoid
Massa pelontar	11,162 kg

Gambar 14 menampilkan hasil desain sistem pelontar terpilih untuk wahana Atha Mapper 2300.

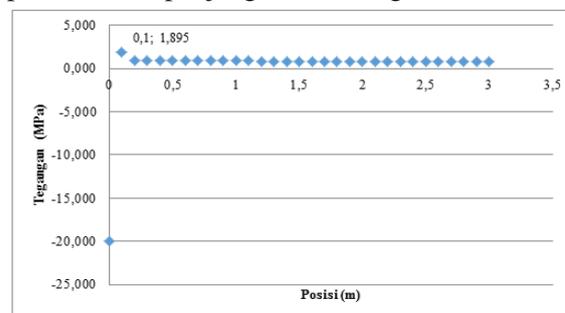


Gambar 14. Desain Sistem Pelontar Tampak Depan

2. Hasil Perhitungan Kekuatan Struktur Sistem Pelontar

Tegangan normal yang bekerja pada batang utama sistem pelontar

Gambar 15 menampilkan grafik tegangan normal vs posisi pada batang utama sistem pelontar di sepanjang sumbu longitudinal.



Gambar 15. Grafik tegangan normal vs posisi pada batang utama sistem pelontar.

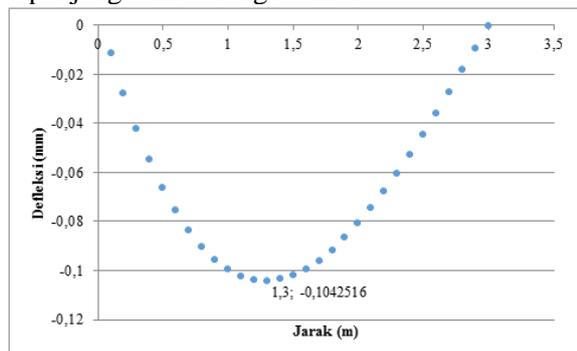
Dari Gambar 14 terlihat tegangan normal maksimum terjadi di titik 0,1 meter sebesar 1,895 MPa dari bagian kiri batang utama.

Nilai Faktor Keamanan

Nilai *allowable strength* didapat dari mekanikal propertis bahan sebesar 215 Mpa. Sedangkan *working stress* didapat dari tegangan yang terjadi pada batang utama pada titik 0,1 meter, dimana pada titik tersebut terjadi tegangan tertinggi sebesar 1,895 Mpa. Maka nilai faktor keamanan ini memenuhi kriteria desain yang ditetapkan yaitu dengan nilai faktor keamanan $\geq 1,5$.

Defleksi

Gambar 16 menampilkan grafik defleksi vs posisi pada batang utama sistem pelontar di sepanjang sumbu longitudinal

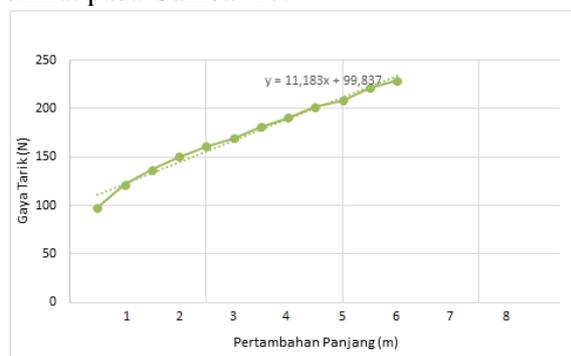


Gambar 16. Grafik defleksi pada batang utama sistem pelontar

Dari grafik diatas dapat diketahui defleksi terbesar terdapat pada jarak 1,3 meter sebesar 0,10425 mm. Hal ini menunjukkan defleksi maksimum yang terjadi pada batang pelontar relatif kecil dan tidak mempengaruhi fungsi batang utama sistem pelontar yaitu sebagai lintasan *takeoff* wahana.

3. Hasil Pengukuran Gaya Tarik Dan Penambahan Panjang Pada Karet Bungee

Dari pengukuran yang dilakukan, gaya tarik maksimum dari *bungee* didapat sebesar 229,096 N. Setelah diukur, masing- masing gaya yang didapat diplot menjadi grafik gaya vs pertambahan panjang dan ditarik garis linear dengan menggunakan *microsoft excel*. Grafik gaya vs pertambahan panjang dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Gaya vs Pertambahan Panjang.

Dari Gambar 17 terlihat hubungan gaya vs pertambahan panjang dari karet *bungee cord* mendekati linier. Hal ini menunjukkan pertambahan panjang yang terjadi pada karet

bungee cord masih dalam area yang diizinkan. Selanjutnya garis linearisasi yang dibentuk pada Gambar 10, menghasilkan nilai $qr = 11,183 \text{ N/m}$ dan $nr = 99,837 \text{ N}$. Kedua parameter ini digunakan dalam perhitungan kecepatan lontar wahana yang dihasilkan sistem pelontar.

4. Hasil Perhitungan Kecepatan Lontar Wahana

Berdasarkan perhitungan, sistem pelontar mampu menghasilkan kecepatan lontar maksimum sebesar 13,98 m/s, dengan kecepatan maksimum rata-rata sebesar 12,116 m/s. Hal ini berarti kinerja sistem pelontar memenuhi kriteria desain yang ditetapkan yaitu mampu menghasilkan kecepatan lontar $\geq 11 \text{ m/s}$.

5. Hasil Pembuatan Sistem Pelontar

Tabel 7 menampilkan spesifikasi sistem pelontar tipe *catapult* yang telah diproduksi.

Tabel 7. Spesifikasi Sistem Pelontar

Parameter	Unit
Panjang lintasan	3000 mm
Lebar	1400 mm
Kemiringan lintasan	14°
Panjang karet <i>bungee</i>	3,28 m
Perpanjangan karet	80%
Sistem release	Solenoid
Massa pelontar	11,162 Kg
Massa karet <i>bungee</i>	0,815 Kg
Area kerja	4 m x 3 m

Terlihat sistem pelontar yang diproduksi memenuhi kriteria desain mulai dari massa total, kemiringan lintasan dan panjang lintasan. Gambar 18 menampilkan hasil pembuatan sistem pelontar



Gambar 18. Hasil Pembuatan Sistem Pelontar

6. Hasil Pengujian Sistem Pelontar

Hasil yang didapat dari pengujian sistem pelontar berupa kecepatan lontar wahana. Tabel 8 menampilkan hasil pengujian sistem pelontar dalam membantu wahana untuk lepas landas.

Tabel 8. Kecepatan Lontar Hasil Pengujian

Pengujian	Kecepatan
1	11,69 m/s
2	11,93 m/s
3	11,88 m/s
4	11,19 m/s
5	13,98 m/s
Kec. Rata-rata	12,116 m/s

Berdasarkan Tabel 8, nilai kecepatan rata-rata yang dihasilkan sistem pelontar adalah 12,116 m/s. Nilai ini sudah memenuhi kriteria minimum kecepatan lontar yakni 11,5 m/s. dalam pengujian, sistem pelontar berhasil membantu wahana Atha Mapper 2300 untuk lepas dengan aman dan stabil. Proses lepas landas wahana ditampilkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Posisi wahana sesaat setelah lepas landas.

KESIMPULAN

Adapun simpulan dari penelitian rancang bangun sistem pelontar tipe *catapult* untuk Wahana Atha Mapper 2300 adalah:

1. Sistem pelontar tipe *catapult* untuk wahana atha mapper 2300 dibuat menggunakan material utama *hollow stainless steel* 30 mm x 60 mm x 1,2 mm, dengan dimensi panjang 3000 mm, lebar 1400 mm, tinggi depan 900 mm, tinggi belakang 150 mm,

dengan massa total sistem pelontar 12,120 kg

2. Berdasarkan hasil analisis struktur, batang utama sistem pelontar mengalami tegangan maksimum sebesar 1,895 Mpa terjadi di titik 0,1 meter dari bagian kiri batang utama, defleksi sebesar 0,1042516 mm pada jarak 1,3 meter, dan *safety factor* sebesar 113,4.
3. Hasil pengujian menunjukkan sistem pelontar mampu menghasilkan kecepatan lontar sebesar 13,98 m/s, dengan kecepatan maksimum rata-rata 12,116 m/s. Kinerja sistem pelontar ini terbukti mampu membantu wahana *take off* dengan stabil dan aman.

Daftar Pustaka

- Anuar, K., Akbar, M., & Herisiswanto. (2019). Wing design of uav serindit v-1. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 539, 012002. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/539/1/012002>
- Anuar, K., Fatra, W., & Akbar, M. (2020). *Tricopter Vehicle Frame Structure Design Integrated as Platform of Fixed Wing Atha Mapper 2150*. 64(2), 68–72. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36842/jomase.v64i2.218>
- Budynas, R., & Keith, N. (2015). *Mechanical Engineering Design*. Mc Graw Hill.
- Corda, S. (2017). (Aerospace Series) Pascual Marqués, Andrea Da Ronch - *Advanced UAV Aerodynamics, Flight Stability and Control_ Novel Concepts, Theory and Applications*-John Wiley & Sons, Inc. (2017).pdf. Wiley.
- Fahlstrom, P. G., & Gleason, T. J. (2012). *Introduction to UAV Systems* (First edit). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118396780>
- Laka, O., Nazaruddin, & Syafri. (2018). Perancangan dan Analisis Statik Sistem Rangka Mobil Hemat Energi Asykar Hybrid Universitas Riau. *Jom FTEKNIK*, 5(2), 1–6. https://www.researchgate.net/profile/Nazaruddin_Nazaruddin/publication/341895049_PERANCANGAN_DAN_ANALISIS_STATIK_SISTEM_RANGKA_MOBIL_HEMAT_ENERGI_ASYKAR_HYBRID_UNIVERSITAS_RIAU/links/5ed84dd

- f92851c9c5e7b877f/PERANCANGAN-DAN-ANALISIS-STATIK-SISTEM-RANGKA-M
- Lu, Y., Chen, Q., Jia, G., & Guo, Z. (2020). Development and experiment of elastic-rope launcher for small fixed-wing UAVs. *Proceedings - 2020 3rd World Conference on Mechanical Engineering and Intelligent Manufacturing, WCMEIM 2020*, 654–658. <https://doi.org/10.1109/WCMEIM52463.2020.00142>
- Miller, B., Valoria, C., Warnock, C., & Coutlee, J. (2014). *Lightweight UAV Launcher Senior Project for Aerojet--- Rocketdyne Final Report Team Rocket Power*.
- Muliadi, J. (2018). An empirical method for the catapult performance assessment of the BPPT-developed UAVs. *Journal of Physics: Conference Series*, 1130(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1130/1/012033>
- Nazaruddin, N., Adhitya, M., Sumarsono, D. A., Heryana, G., Siregar, R., Prasetya, S., & Zainuri, F. (2021). Development of Electric Vehicle (ev)-Bus Chassis with Reverse Engineering Method Using Static Analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2, 15–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.219928>
- Nazaruddin, N., Zainuri, F., Prasetya, S., Siregar, R., Heryana, G., Adhitya, M., & Sumarsono, D. A. (2020). Development of leaf spring design in large vehicles made from material type 65 si7 using static analysis with reverse engineering. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 909(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/909/1/012022>
- Novaković, Z., & Medar, N. (2013). Analysis of a UAV Bungee Cord Launching Device. In *Scientific Technical Review* (Vol. 63, Issue 3).
- S.M. Woo, D.H. Kim, Y. R. K. (2021). *Investigation of Stall Prevention Condition for Hand-Launched UAV using Computational Fluid Dynamics* (pp. 84–93). *Journal Of Computational Fluids Engineering* 26.2 (2021): 84-93.
- Sadraey H, M. (2020). *Design of Unmanned Aerial Systems* (First Edit). John Wiley & Sons Ltd.
- Soetanto, M. F., & Tritjahjono, R. I. (2016). Study the Strength of Material and Composite Structures of Belly-Landing Mini UAV. *Applied Mechanics and Materials*, 842, 178–185. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.842.178>