

Tahapan dalam desain konseptual mobil terbang bersayap tetap

Mohammad Adhitya^{a,1}, Ridho Irwansyah^a^aDepartemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok, 16424¹Email korespondensi: m.adhitya@ui.ac.id

Abstract. Mobil terbang adalah suatu wahana yang harus mampu beroperasi di jalan raya, selayaknya mobil yang kita ketahui secara umum yang wajib memenuhi regulasi mobil jalan raya, meliputi dimensi dan hal-hal lain untuk memastikan keselamatan di jalan raya. Mobil terbang di sisi lain, saat berfungsi sebagai pesawat terbang, relatif tidak dibatasi dalam hal dimensi, namun kinerjanya sangat dipengaruhi oleh aspek aerodinamika yang sangat dipengaruhi oleh perbandingan gaya angkat terhadap gaya berat pesawat (*lift-to-weight ratio*). Meskipun dinamakan sebagai mobil terbang, dari segi teknis dan tahapan desainnya, wahana ini lebih merupakan suatu pesawat terbang yang didesain sedemikian rupa agar dimensi serta sistem roda penopangnya dapat memenuhi fungsi dan regulasi dari suatu mobil. Dalam tulisan ini disampaikan suatu tahapan terstruktur dalam mendesain suatu mobil terbang yang merupakan kombinasi dari parameter-parameter penting dari suatu desain mobil dan pesawat terbang yang terdiri dari 8 tahapan yaitu 1. *Flying car requirements* 2. *Weight of the flying car: first estimate*, 3. *Critical performance parameters*, 4. *Configuration layout: Shape and size of the flying car on a computer screen, drawing and defining the CG position*, 5. *Force analysis due to CG position*, 6. *Better weight estimate*, 7. *Performance analysis*, 8. *Optimization*. Hasil dari tahapan ini tentunya berupa desain mobil terbang yang dapat memenuhi fungsinya sebagai mobil yang memenuhi regulasi jalan raya dan sebagai pesawat terbang.

Keywords: mobil terbang, desain, moda transportasi

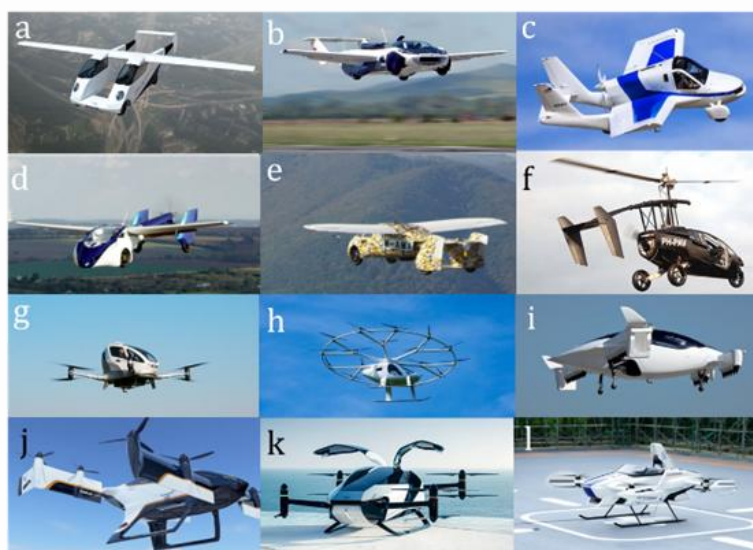
Received: 30 September 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/y76aae85>

PENDAHULUAN

Keinginan manusia untuk dapat bepergian dengan mudah ke tempat-tempat yang jauh telah melahirkan beragam moda transportasi, baik darat, laut, maupun udara. Untuk meningkatkan kemudahan dan fleksibilitas dalam berpergian, bahkan manusia juga menciptakan moda kombinasi transportasi seperti kombinasi moda transportasi darat dan laut menjadi mobil amfibi, kombinasi moda transportasi udara dan laut menjadi pesawat terbang amfibi, serta kombinasi moda transportasi darat dan udara menjadi mobil terbang. Di antara ketiga jenis kombinasi moda transportasi tersebut, mobil terbang menjadi kombinasi

moda transportasi yang paling sering muncul dalam film-film yang menggambarkan kehidupan manusia di masa depan yang digambarkan dengan mudahnya berpergian dari satu tempat ke tempat lain dengan cepat dan aman. Mobil terbang belakangan ini juga sering disebut sebagai moda transportasi modern, meskipun jika diperhatikan secara saksama, tidak semua yang disebut sebagai mobil terbang saat ini benar-benar memiliki pengertian sebagai mobil yang kita biasa gunakan dan kemudian dapat terbang sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Beragam mobil terbang yang ada saat ini

Sebagian yang disebut sebagai mobil terbang saat ini secara sederhana lebih menyerupai moda transportasi udara seperti helikopter atau pesawat terbang VTOL (*Vertical Take Off Landing*) yang hanya dapat beroperasi di udara saja (tidak dapat beroperasi di atas jalan raya). Namun demikian, jenis moda transportasi ini memang memiliki kelebihan, yaitu dapat mengudara dan mendarat di lahan yang luasnya terbatas tanpa memerlukan sebuah landasan pacu mengingat helikopter maupun pesawat terbang VTOL dapat mengudara dan mendarat secara vertikal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 (g) hingga (l). Namun demikian, beberapa mobil terbang yang diperlihatkan pada Gambar 1 (a) hingga (f) memang benar-benar memiliki pengertian mobil terbang yang sesungguhnya, yaitu mampu beroperasi di atas jalan raya dan memiliki kemampuan terbang sebagaimana pesawat terbang. Untuk mobil terbang yang dibahas belakangan, selanjutnya dapat dikelompokkan menjadi dua jenis menurut komponen penghasil gaya angkatnya, yaitu mobil terbang dengan sayap berputar (mobil terbang bersayap putar pada Gambar 1-f) dan dengan sayap tetap (mobil terbang bersayap tetap pada Gambar 1 a-e). Kedua jenis mobil terbang ini masih memerlukan landasan pacu untuk mengudara yang sedikit menurunkan tingkat fleksibilitas dalam penggunaannya jika dibandingkan dengan helikopter atau pesawat terbang VTOL. Dalam tulisan akan disampaikan tahapan penting yang dapat digunakan

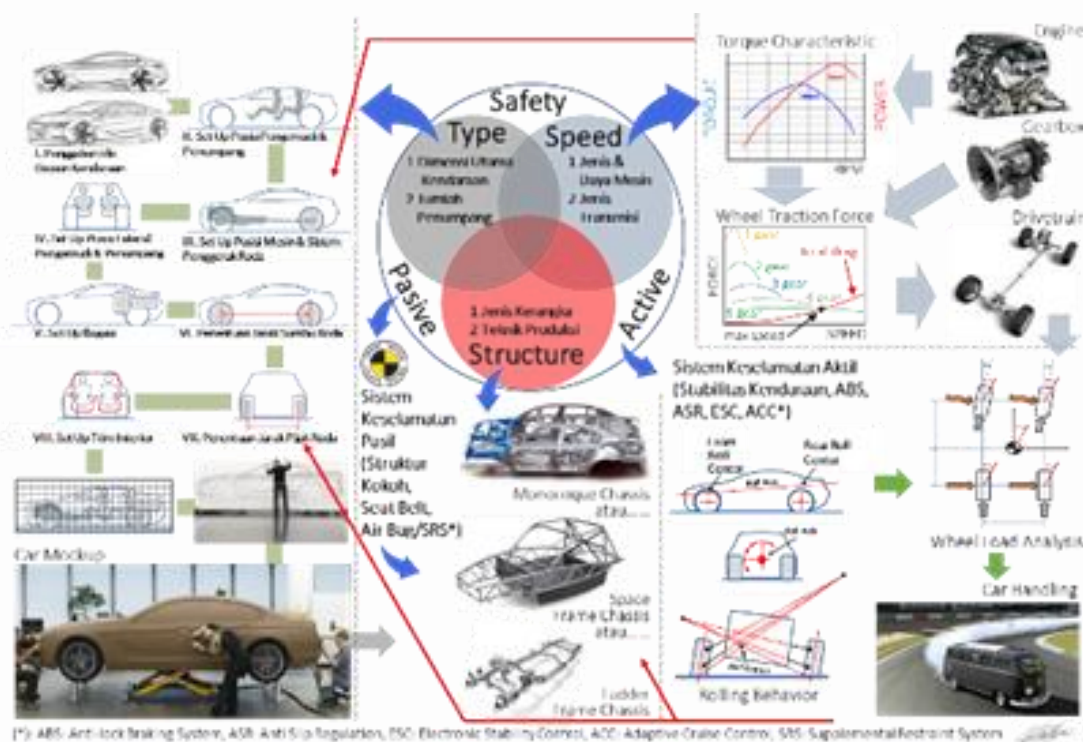
dalam membuat desain konseptual dari sebuah mobil terbang bersayap tetap sehingga mampu berfungsi sebagai mobil dan pesawat terbang.

METODOLOGI

Sebelum disampaikan tahapan terstruktur dalam mendesain mobil terbang, akan disampaikan parameter-parameter penting yang perlu diperhatikan dalam mendesain mobil dan kemudian pesawat terbang. Untuk penyederhanaan permasalahan desain yang sangat kompleks, maka dalam tulisan ini hanya akan difokuskan pada aspek dinamika mobil terbang untuk arah gerak maju saja.

Desain Mobil

Secara umum, proses mendesain mobil diperlihatkan pada Gambar 2 yang menunjukkan suatu proses yang terdiri dari 3 bagian utama, yaitu jenis mobil (*type*), kecepatan gerakannya (*speed*) dan struktur rangka penyusun mobil tersebut (*structure*) yang saling terkait satu dengan yang lain. Namun demikian, untuk memudahkan pembahasan dalam publikasi ini, proses desain mobil ditunjukkan berupa diagram alir (Gambar 4) yang merupakan modifikasi dari proses mendesain pesawat sebagaimana disarankan oleh [1]. Penggunaan diagram alir hasil modifikasi ini dilakukan agar nantinya lebih mudah dalam proses penggabungan desain mobil dan pesawat terbang sebagai proses mendesain suatu mobil terbang.



Gambar 2. Tiga parameter utama dalam desain mobil

Mengacu pada Gambar 2, desain suatu mobil diawali dengan menetapkan *design requirement* seperti kecepatan maksimum, jarak tempuh, kapasitas angkut,

kondisi medan jalan (*on road/off road*) serta kelas dimensi mobil (*small, medium, large, full*). Berikutnya, dalam tahapan kedua diperkirakan bobot maksimum

(W_{Total}) dari mobil yang meliputi penumpang, barang, serta bahan bakar yang harus dapat digerakkan oleh sistem penggerak, yaitu mesin dan drivetrain sebagaimana ditunjukkan dengan persamaan 1. Dalam tahapan kedua ini turut ditentukan pula layout penempatan dari mesin dan drivetrain yang akan sangat memengaruhi lokasi pusat massa (CG) dikarenakan bobot mesin dan drivetrain yang cukup besar. Tahap ketiga adalah menentukan besar dari drag coefficient (C_D) yang diperoleh dari faktor bentuk streamline mobil, lokasi CG yang akan memengaruhi distribusi berat mobil ke masing-masing roda (F_n) yang selanjutnya dengan koefisien gesek roda-jalan (μ_{Wheel}) akan memengaruhi besar traksi roda (F_{Wheel}) sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 2. Traksi roda harus dipastikan besarnya memadai pada roda depan (steering wheel) agar mobil dapat dibelokkan. Selanjutnya, pada tahapan ini juga ditentukan besar output dari mesin ($F_{Engine\ to\ wheel}$) yang ditransmisikan ke roda melalui drivetrain (gearbox, differential, propeller shaft, dst.) sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 3. Besar traksi roda penggerak (F_{Wheel}) mobil harus melampaui gaya gerak mesin yang ditransmisikan hingga ke roda penggerak ($F_{Engine\ to\ wheel}$) sebagaimana

ditunjukkan pada persamaan 4 agar seluruh torsi mesin dapat disalurkan tanpa terjadinya slip pada roda. Setelah critical performance parameter ditentukan, selanjutnya dibuat configuration layout suatu mobil dengan menggunakan bantuan *software computer-aided design* (CAD) di mana dalam tahapan ini dimensi utama mobil (*frontal cross-sectional area* (A), *wheel track*, *wheelbase*, *tire dimension*, *ground clearance*) dan desain rangka mobil (*monocoque*, *space frame*, atau *ladder frame*) ditentukan agar dapat diketahui perkiraan bobot mobil yang lebih akurat (langkah 5). Pada langkah ke-6, analisis dilakukan untuk menguji apakah desain yang telah dihasilkan dapat memenuhi design requirement terutama pada arah longitudinal (sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3) dengan bantuan traction force diagram (Gambar 5) yang menunjukkan besarnya gaya gerak mesin yang disalurkan ke roda penggerak ($F_{Engine\ to\ wheel}$) melalui sistem transmisi, serta besarnya gaya hambatan gerak (F_{Drag}) dari mobil. Selanjutnya, proses iterasi dapat dilakukan jika diketahui bahwa desain mobil belum memenuhi design requirement yang telah ditetapkan.

$$W_{Total} = W_{Passanger} + W_{Baggage} + W_{Car} + W_{Fuel} \quad (1)$$

$$F_{Wheel} = \mu_{Wheel} \cdot F_n \quad (2)$$

$$F_{Engine\ to\ wheel} = T_{Engine} \cdot i_{Gear} \cdot i_{Differential} \cdot \frac{1}{r_{Wheel}} \quad (3)$$

$$F_{Wheel} > F_{Engine\ to\ wheel} \quad (4)$$

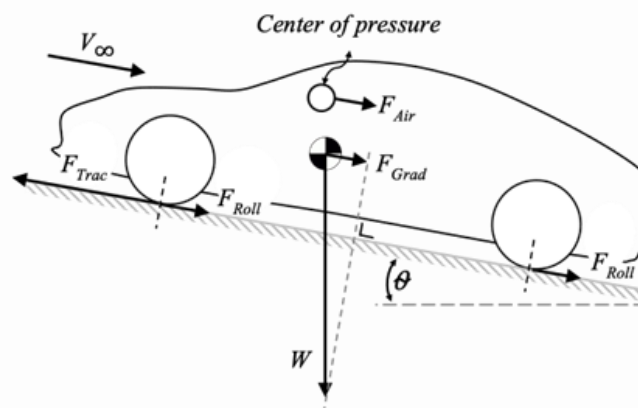
$$F_{Air\ resistance} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{\infty}^2 \cdot C_D \cdot A \quad (5)$$

$$F_{Gradient} = W \cdot \sin \theta \quad (6)$$

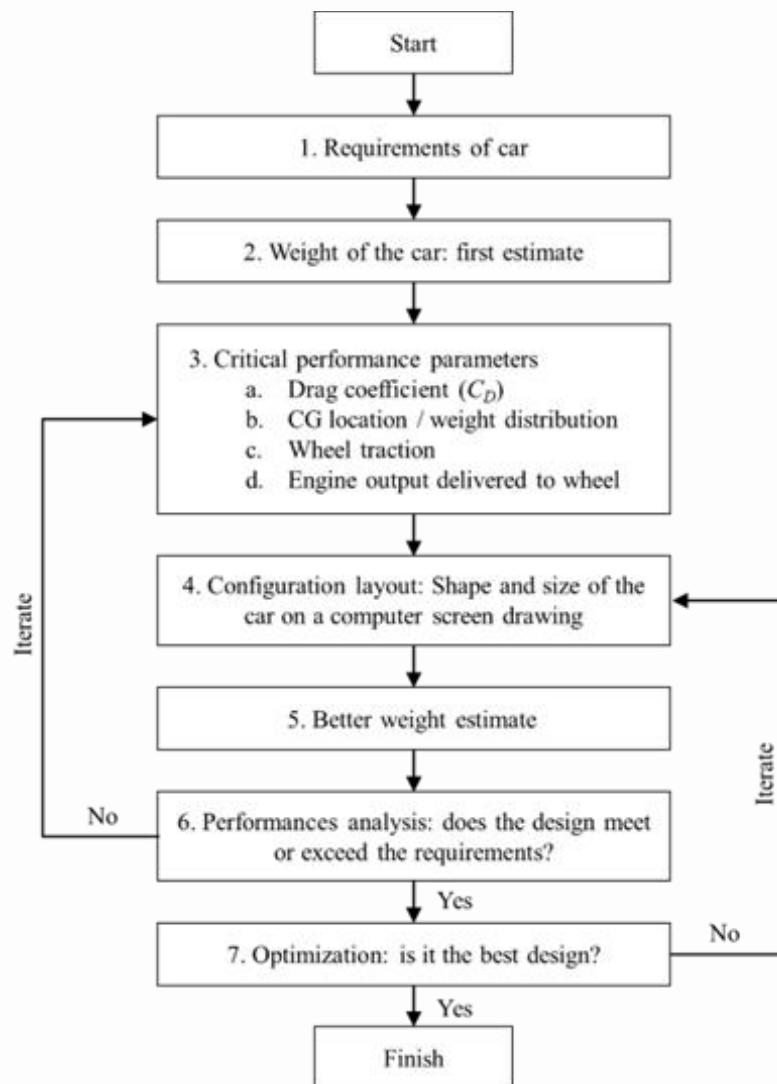
$$F_{Acceleration} = I_{Rot} \cdot \alpha \cdot \frac{1}{r} \quad (7)$$

$$F_{Roll} = \mu_k \cdot F_n \quad (8)$$

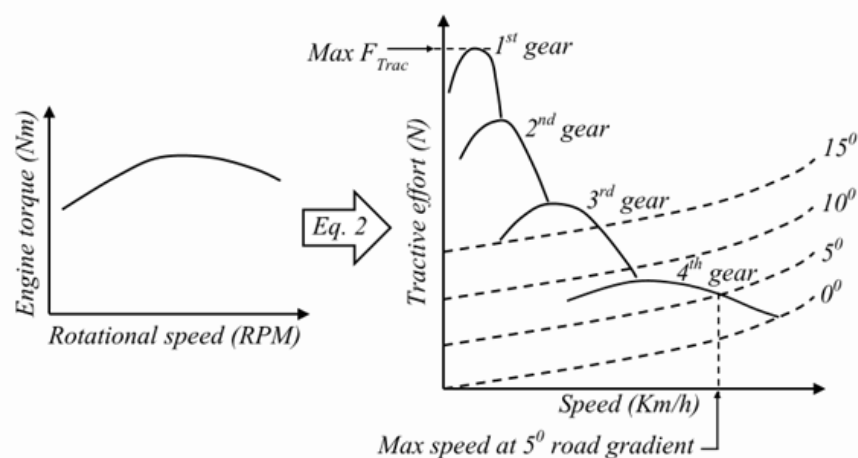
$$F_{Drag} = F_{Air\ resistance} + F_{Gradient} + F_{Acceleration} + F_{Roll} \quad (9)$$



Gambar 3. Gaya-gaya utama yang bekerja pada mobil yang bergerak maju



Gambar 4. Tahapan yang berisi parameter-parameter penting dalam mendesain mobil



Gambar 5. Grafik gaya dorong roda penggerak pada beragam rasio percepatan

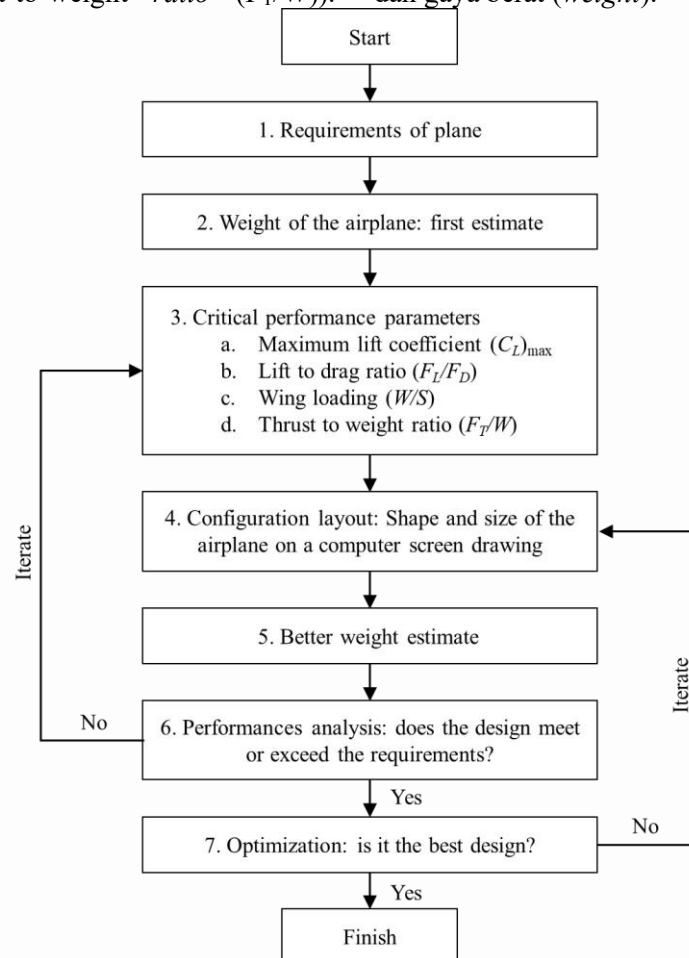
Desain Pesawat Terbang

Proses mendesain pesawat terbang diperlihatkan dengan diagram alir (Gambar 6) seperti yang diusulkan

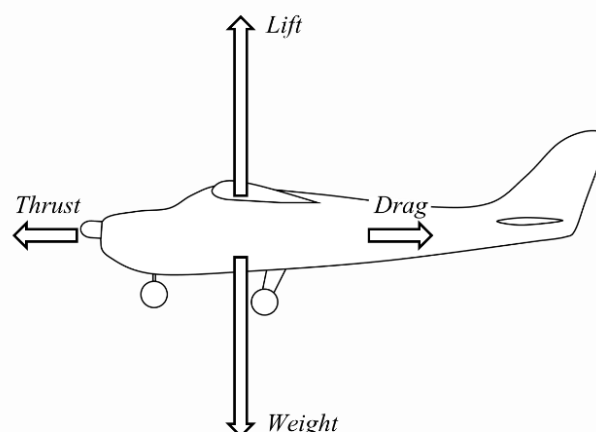
oleh [1]. Tahap pertama adalah penentuan design requirement meliputi penentuan koefisien gaya angkat

maksimum (CL_{max}), perbandingan antara gaya angkat dengan hambat (lift-to-drag ratio (F_L/F_D)), beban yang mampu ditopang oleh sayap (wing loading (W/S)), serta perbandingan gaya dorong dengan berat pesawat terbang (thrust-to-weight ratio (F_T/W)).

Keempat parameter penting ini muncul dari konsep 4 gaya utama yang bekerja pada suatu pesawat terbang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7 yaitu gaya dorong (*thrust*), gaya hambat (*drag*), gaya angkat (*lift*) dan gaya berat (*weight*).



Gambar 6. Tahapan dalam mendesain pesawat terbang [A]



Gambar 7. Empat gaya utama yang bekerja pada sebuah pesawat terbang

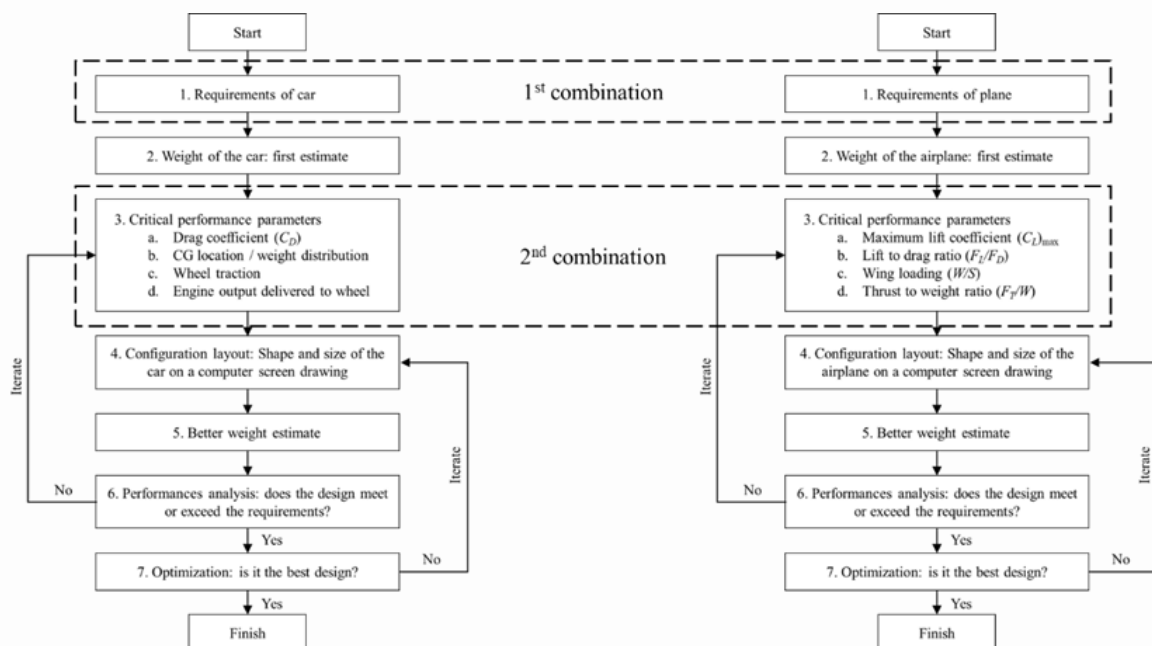
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah diuraikan parameter desain mobil dan pesawat, selanjutnya akan disampaikan desain parameter dari mobil terbang yang merupakan kombinasi dari desain

parameter mobil dan pesawat. Penggabungan desain parameter mobil terbang diperoleh dengan bantuan diagram alir pada gambar 4 dan 6 melalui tahapan perbandingan yang dilanjutkan dengan analisis prioritas terpenting yang harus dipenuhi oleh mobil

terbang hingga mampu bekerja dengan baik sebagai mobil atau pesawat. Jika kita bandingkan diagram alir desain parameter mobil dan pesawat sebagaimana ditampilkan pada Gambar 8, terlihat bahwa perbedaan mendasar dari kedua diagram alir adalah pada blok *requirements* dan *critical parameter*, sehingga akan dilakukan pembahasan dan analisis terhadap kedua blok ini. Tidaklah berlebihan jika *requirements* dari sebuah mobil terbang merupakan gabungan langsung dari *requirements* mobil dan pesawat terbang untuk memastikan nantinya mobil terbang dapat berfungsi dengan baik layaknya mobil dan pesawat. Dengan

demikian, *design requirement* dari sebuah mobil terbang meliputi kecepatan maksimum, jarak tempuh, kapasitas angkut, kondisi medan jalan (*on road/offroad*) serta kelas dimensi mobil (*small, medium, large, full*) ditambah dengan *design requirement* dari pesawat terbang. Selanjutnya, untuk *critical design parameters* terdapat keserupaan, yaitu gaya hambatan (di poin a pada mobil dan poin b pada pesawat) serta kekuatan mesin (di poin d pada mobil dan pesawat), meskipun keduanya diperlukan untuk tujuan analisis yang berbeda.



Gambar 8. Perbandingan tahapan desain pesawat dan mobil serta kombinasi yang perlu diperhatikan

Beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam desain mobil terbang antara lain adalah sebagai berikut:

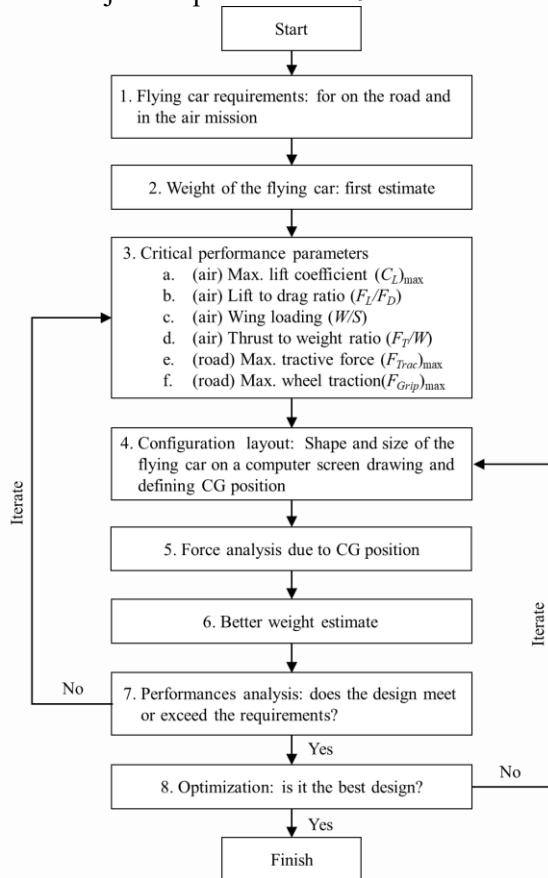
Ukuran roda merupakan elemen penting dari estetika mobil. Hampir di setiap sketsa *styling* mobil yang dilakukan oleh artis, ukuran roda berdiameter besar. Secara teknis, ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan ukuran diameter roda. Berikut ini akan disampaikan aspek kelebihan dan kekurangan dari ukuran diameter roda mobil. Keuntungan diameter besar adalah dapat mengakomodasi rem berkapasitas besar yang memiliki ukuran diameter besar. Keuntungan lain dari ukuran diameter yang besar adalah memiliki hambatan gesek serta tingkat keausan yang lebih kecil karena mempunyai kecepatan putar yang lebih kecil dibandingkan dengan roda berdiameter lebih kecil pada kecepatan gerak mobil yang sama.

Hambatan gerak aerodinamis menjadi hal yang krusial bagi mobil terbang. Untuk sebuah mobil, hambatan gerak ini paling tidak hanya akan menyebabkan tidak tercapainya *design requirement*

berupa kecepatan maksimum, tetapi tetap dapat memenuhi fungsi minimalnya sebagai alat transportasi penumpang dan barang. Namun, untuk sebuah pesawat terbang, nilai hambatan aerodinamis ini dapat menyebabkan suatu pesawat gagal terbang akibat tidak tercapainya kecepatan gerak yang memadai untuk menghasilkan gaya angkat yang memadai untuk melawan gaya berat dari mobil terbang itu sendiri. Dengan demikian, dalam menentukan suatu desain mobil yang aerodinamis, luasan penampang frontal (A) yang kecil merupakan suatu keharusan.

Bobot mobil merupakan suatu hal yang terpenting bagi pesawat (sesuai 4 gaya utama). Bagi sebuah mobil, hanya akan menyebabkan tidak terpenuhinya *design requirement* berupa akselerasi/kecepatan maksimum/jarak tempuh, namun tetap dapat memenuhi fungsi minimalnya sebagai alat transportasi barang dan penumpang. Dengan demikian, memilih mobil dengan bobot yang ringan juga merupakan suatu keharusan.

Dengan memperhatikan hal di atas, maka tahapan terstruktur dalam mendesain sebuah mobil terbang seperti ditunjukkan pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Tahapan dalam mendesain mobil terbang

KESIMPULAN

Mobil terbang adalah suatu wahana yang harus mampu beroperasi di jalan raya, selayaknya mobil yang kita ketahui secara umum yang wajib memenuhi regulasi mobil jalan raya, meliputi dimensi dan hal-hal lain untuk memastikan keselamatan di jalan raya. Mobil terbang di sisi lain, saat berfungsi sebagai pesawat terbang, relatif tidak dibatasi dalam hal dimensi, namun kinerjanya sangat dipengaruhi oleh aspek aerodinamika yang memengaruhi perbandingan gaya angkat terhadap berat pesawat (lift-to-weight ratio). Meskipun dinamakan sebagai mobil terbang, dari segi teknis dan tahapan mendesainnya, wahana ini lebih merupakan suatu pesawat terbang yang didesain sedemikian rupa agar dimensi serta sistem roda penopangnya dapat memenuhi fungsi dan regulasi dari suatu mobil. Dalam tulisan ini telah disampaikan suatu tahapan terstruktur dalam mendesain suatu mobil terbang yang merupakan kombinasi dari parameter-parameter penting dari suatu desain mobil dan pesawat terbang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil dari tahapan ini tentunya berupa desain mobil terbang yang dapat memenuhi fungsinya sebagai mobil dan sebagai pesawat terbang.

KONTRIBUSI PENULIS

Mohammad Adhitya berkontribusi dalam mempersiapkan naskah yang kemudian direview dan dilengkapi oleh Ridho Irwansyah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] John D. Anderson Jr, Aircraft Performance and Design Publisher: Cambridge University Press DOI: <https://doi.org/10.1017/9780511977565.003> pp 10-43
- [2] <https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2019/03/25/a-field-guide-to-the-types-of-flying-cars/?sh=1697096216f4>
- [3] <https://www.wired.com/2010/07/terraugia-introduces-refined-flying-car-design/>
- [4] <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071831130/chapter/chapter3>
- [5] <https://www.proteanelectric.com>
- [6] Glass, A., Flying cars: The true story, Amazon. Clarion Books, an imprint of Houghton Mifflin Harcourt. Available at: <https://www.amazon.com/Flying-CarsStory-Andrew-Glass/dp/0618984828>; 2015 (Accessed: December 29, 2022).
- [7] Jazar, R., 2008. Vehicle Dynamics. Dordrecht: Springer.
- [8] Robertson, J. (2002). Chassis design and analysis. Delhi: Butterworth Heinemann