

Analisis Dimensi Propeler Untuk Kebutuhan Desain Konseptual Pesawat Piston

Rhea Anggun Rosalie*, Edy K. Alimin, Mufti Arifin(3)

Prodi Teknik Aeronautika, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Suryadarma
Komplek Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta 13610, Indonesia

*Corresponding Author : Rheaarosalie@gmail.com

Abstract - *This research conducted a comparative analysis of propeller dimensions for the conceptual design of a piston aircraft. The method used is statistical linear regression by comparing some variables related to propellers from 27 piston aircraft data. Based on comparison results obtained 6 strong relationships, namely aircraft speed and engine power, aircraft weight and engine power, aircraft weight and propeller weight, aircraft weight and the number of propellers blades, engine power and propeller weight, and propeller weight and the number of propellers blades so that it can be used for conceptual design reference. The propeller diameter and engine speed variables do not have a strong relationship in regression but form a cluster so that it can be used as a conceptual design reference. The conceptual design simulation with an aircraft weight of 3500 lb produces a propeller with a diameter of 80 inches, the engine power of 325.51 hp, propeller weight of 86.13 pounds, engine speed of 2500 rpm, and 3 blade propellers with a thrust of 1340.05 lbf.*

Keywords : *Propeller, Conceptual Design, Propeller Dimensions, Piston*

I. Pendahuluan

Peran utama baling-baling (*propeller*) pada pesawat bermesin piston adalah untuk menghasilkan gaya dorong. *Propeller* adalah bagian dari sistem propulsi yang komponen utamanya adalah mesin (*engine*). Terdapat beberapa pendekatan berdasarkan statistik untuk menganalisis dimensi baling-baling pada tingkat desain konseptual.

Pada tingkat desain ini, data bergantung pada desain sebelumnya dan basis data lainnya. Pabrik pembuat baling-baling menghasilkan bagan yang dapat digunakan untuk merancang konseptual propulsi pesawat terbang⁽¹⁾ Penelitian ini berkonsentrasi pada analisis pendekatan statistik baling-baling pada tingkat desain konseptual.

Topik penelitiannya adalah pengaruh dimensi *propeller* terhadap gaya dorong pesawat, hubungan dimensi *propeller* dan spesifikasi pesawat mesin piston, penentuan dimensi propeler berdasarkan berat pesawat tertentu.

II. Metode Penelitian

2.1. Propeller

Propeller atau *fan* yang dipasang dalam selubung (*duct*) adalah satu bagian dari komponen pesawat terbang yang menggunakan jenis *engine reciprocating* (motor piston), *turboprop engine* dan *electric motor brushless*. Fungsi *propeller* yaitu merubah putaran motor menjadi gaya dorong untuk menggerakkan pesawat maju ke depan (*positive thrust*) maupun gaya dorong ke belakang (*negative thrust*). Pesawat yang menggunakan *propeller* memiliki beberapa keuntungan, salah satunya adalah menghemat bahan bakar.

Prinsip kerja dalam mengubah tenaga putar menjadi tenaga dorong, *propeller* menggunakan paling sedikit 2

bilah dengan penampang *airfoil*. Analoginya dengan sayap adalah bahwa dalam gerakan berputar tersebut, bilah menghasilkan gaya angkat yang arahnya tegak lurus terhadap bidang putar, artinya ke arah depan atau searah dengan arah laju pesawat.



Gambar 2.1.1 *propeler*¹

2.2. Gaya – gaya pada Pesawat Terbang

Saat pesawat *take off* mengalami 4 gaya yaitu *thrust*, *lift*, *drag*, dan *weight*. Pada kondisi terbang datar (*level flight*) *thrust* sama dengan *drag* dan *lift* sama dengan *weight*. Karena *drag* dipengaruhi oleh *lift*, maka artinya *drag* dipengaruhi oleh berat pesawat. *Thrust* untuk melawan *drag* dipengaruhi oleh berat atau disebut *thrust loading* atau *Thrust/Weight*.

Angle of attack haruslah cukup tinggi untuk menambah gaya angkat ketika kecepatannya rendah jika keseimbangan antara gaya angkat dan gaya berat harus dipertahankan. Jika *thrust* dikurangi, dan kecepatan berkurang maka gaya angkat akan lebih kecil dari berat dan pesawat akan mulai turun dari ketinggian. Untuk menjaga ketinggian penerbang dapat menambah *angle of attack* sebesar yang diperlukan untuk menghasilkan gaya angkat yang sama dengan berat dari pesawat, dan waktu pesawat mulai terbang lebih lambat pesawat akan mempertahankan ketinggiannya jika penerbang

memberikan *thrust* dan *angle of attack* yang sesuai.

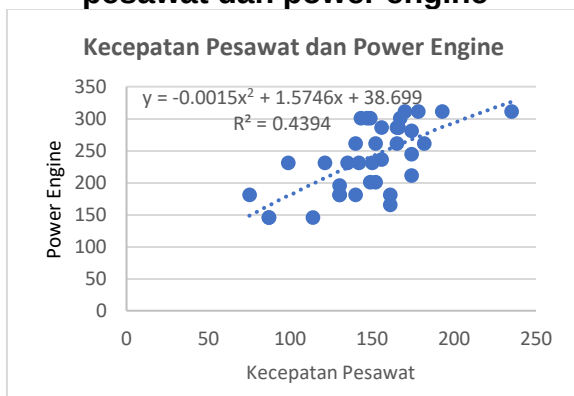
Pada waktu *straight & level flight* ketika *thrust* ditambahkan dan kecepatan bertambah, maka *angle of attack* harus dikurangi. Karena itu, jika perubahan dilakukan dengan koordinasi yang benar, maka pesawat akan tetap berada di ketinggian yang sama, tetapi dengan kecepatan yang lebih besar jika hubungan antara *thrust* dan *angle of attack* disesuaikan. Jika *angle of attack* tidak dikurangi dengan pertambahan *thrust* maka pesawat akan mendaki (*climb*). Tetapi dengan mengurangi *angle of attack*, lift berkurang sehingga sama dengan *weight*, dan jika dikerjakan dengan benar maka pesawat akan tetap dalam *level flight* (tidak mengubah ketinggian).

Penerbangan yang datar (*level flight*) dengan sudut *angle of attack* yang sedikit negatif adalah mungkin dalam kecepatan yang sangat tinggi. Ini buktinya, bahwa *level flight* dapat dilakukan dengan berapa pun *angle of attack* di antara sudut *stall* dan sudut yang relatif negatif pada kecepatan yang sangat tinggi.

III. Hasil dan Pembahasan

Dari data spesifikasi pesawat dan spesifikasi propeller pada table 3.1, dapat diperoleh korelasi antar variabel.

3.1 Korelasi antara kecepatan pesawat dan power engine

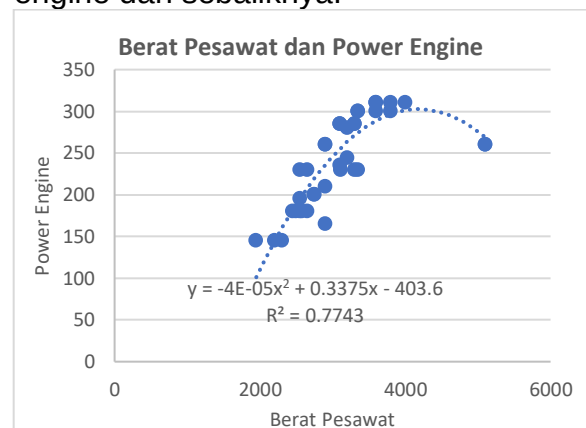


Gambar 3.1 Grafik hubungan Kecepatan Pesawat (kts) dan *Power Engine* (hp)

Pada gambar 3.1 dapat dilihat hubungan antara kecepatan pesawat dan *power engine* berbentuk regresi linear. Regresi antara keduanya ditarik secara *polinomial*, maka bisa disimpulkan bahwa hubungan keduanya cukup kuat. Hal ini dilihat dari persamaan $y = -0.0015x^2 + 1.5746x + 38.699$ dan $R^2 = 0,4394$. Itu artinya kecepatan pesawat dipengaruhi oleh *power engine*.

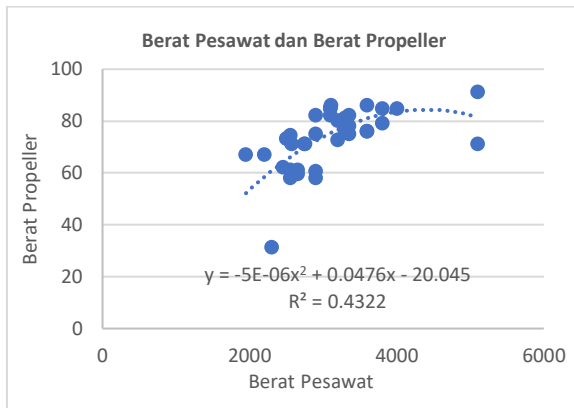
3.2 Korelasi antara berat pesawat dan power engine

Pada gambar 3.2 dapat dilihat perbandingan berat pesawat dan *power engine* dalam bentuk regresi linear. Regresi linear menunjukkan bahwa titik-titiknya membentuk garis sesuai dengan yang diinginkan dengan persamaan $y = -4E-05x^2 + 0,3375x - 403,6$ dan $R^2 = 0,7743$. Nilai R^2 menunjukkan nilai hubungan antar keduanya yang berbanding lurus dan hubungan antara berat pesawat dan *power engine* sangat kuat. Berat pesawat mempengaruhi kinerja *power engine* dan sebaliknya.



Gambar 3.2 Grafik hubungan berat pesawat (lb) dan *power engine* (hp)

3.3 Korelasi antara berat pesawat dan berat propeller

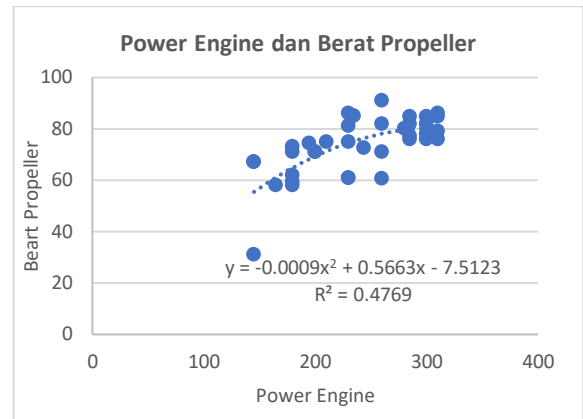


Gambar 3.3 Grafik berat pesawat (hp) dan berat propeller (lb)

Pada gambar 3.3 dapat dilihat perbandingan berat pesawat dan berat propeller dalam bentuk regresi linear. Regresi linear menunjukkan bahwa titik-titiknya membentuk garis sesuai dengan yang diinginkan dengan persamaan $y = -5E-06x^2 + 0.0476x - 20.045$ dan $R^2 = 0.4822$. Nilai R^2 menunjukkan nilai hubungan antar keduanya yang berbanding lurus dan hubungan antara berat pesawat dan berat *propeller* cukup kuat

3.4 Korelasi antara *power engine* dan berat *propeller*

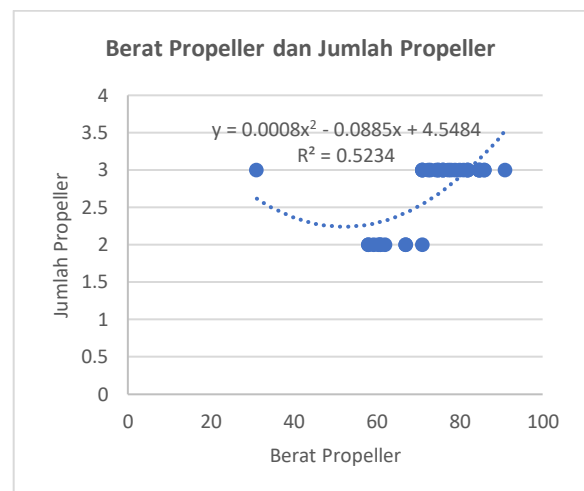
Pada gambar 3.4 bisa dilihat korelasi antara *power engine* dan berat propeller berbentuk regresi linear. Regresi linear adalah hubungan antara keduanya yang jika dilihat dari persamaan $y = -0.0009x^2 + 0.5663x - 7.5123$ dan $R^2 = 0.4769$ dapat disimpulkan mempunyai hubungan yang cukup kuat. Nilai R adalah nilai korelasinya. *Power engine* dipengaruhi berat dari propeller nya.



Gambar 3.4 Grafik hubungan *power engine* (hp) dan berat propeller (lb)

Pada gambar 3.4 bisa dilihat korelasi antara *power engine* dan berat propeller berbentuk regresi linear. Regresi linear adalah hubungan antara keduanya yang jika dilihat dari persamaan $y = -0.0009x^2 + 0.5663x - 7.5123$ dan $R^2 = 0.4769$ dapat disimpulkan mempunyai hubungan yang cukup kuat. Nilai R adalah nilai korelasinya. *Power engine* dipengaruhi berat dari propeller nya.

3.5 Korelasi berat *propeller* dan jumlah *propeller*



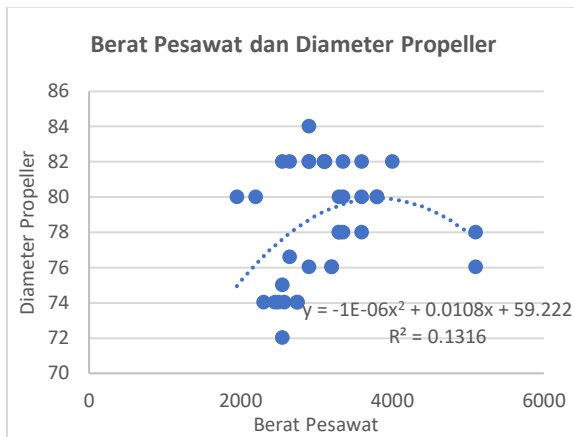
Gambar 3.5 Grafik hubungan berat propeller (lb) dan jumlah propeller

Tabel 3.1 Data Variabel Terkait Propeller

TIPE PESAWAT	NAMA PROPELLER	KECEPATAN PESAWAT (knots)	BERAT PESAWAT (lb)	KECEPATAN ENGINE (rpm)	POWER ENGINE (Hp)	BERAT PROPELLER (pounds)	DIAMETER PROPELLER (inch)	JUMLAH BILAH
CESSNA 170 A	HC-C2YR-1BF/F8477-4	87	2200	2700	145	67	80	2
CESSNA 172	HC-C2YR-1BF/F8477-4	87	1950	2350	145	67	80	2
CESSNA 172F	3A1-TP724A1/75A01-2	114	2300	2700	145	31.1	74	3
CESSNA R172K	(P)HC-C3YF-1RF/F7392	130	2550	2700	195	74.4	75	3
CESSNA 172RG	HC-G2YR-1BFP/F7894-1.5	140	2650	2700	180	59.4	76.6	2
CESSNA 177	HC-C3YR-1RF/F7282	75	2500	2700	180	73	74	3
CESSNA 182	DHC-G2YF-1BFP/F8068+2	135	2550	2600	230	61	82	2
CESSNA 180	PHC-C3YF-1RF/F8468A-6R	142	3351	2400	230	75	80	3
CESSNA 182 SKYLINE	BHC-G2YF-1BF/F8468-2R	150	2650	2600	230	61	82	2
CESSNA R182	HC-C3YR-1RF/F8068	156	3100	2400	235	85	82	3
CESSNA 182S	HC-F3YR-1ARF/F8068	99	3110	2400	230	86	82	3
CESSNA 185	PHC-C3YF-1RF/F8068	143	3351	2400	300	82	82	3
CESSNA A185E	(P)HC-C3YF-1RF/F8468A-8R	147	3350	2700	300	78	78	3
CESSNA A188	PHC-C3YF-1RF/F8468A-6R	121	3300	2700	230	81	80	3
CESSNA 206	(P)HC-C3YF-1RF/F8468A-8R	156	3300	2700	285	76	78	3
CESSNA T206H	HC-F3YR-1ARF/F8068	178	3600	2500	310	86	82	3
CESSNA 207	HC-C3YF-1RF/F8468A-8R	149	3600	2700	300	76	80	3
CESSNA T207	PHC-C3YF-1RF/F8468A-6R	170	3800	2700	310	79	80	3
CESSNA 210	HC-C2YF-1BF/F8468-2	152	2900	2625	260	60.5	82	2
CESSNA 210A	PHC-C3YF-1RF/F8068	165	2900	2625	260	82	82	3
CESSNA 210D	HC-C3YF-1RF/F8068	166	3100	2700	285	82	82	3
CESSNA 210F	PHC-J3YF-1RF/F7691	165	3300	2700	285	77.3	78	3
CESSNA 210E	HC-J3YF-1RF/F8068	166	3100	2700	285	84.75	82	3
CESSNA 210K	HC-J3YF-1RF/F8068-2	167	3800	2600	300	84.75	80	3
CESSNA T210M	HC-J3YF-1RF/F8068	193	4000	2600	310	84.75	82	3
CESSNA 400	HC-H3YF-1RF/F7693DF*1	235	3600	2600	310	76	78	3
CESSNA 310J	PHC-J3YF-2UF/FC7663D-2R	140	5100	2625	260	91	76	3
35 BONANZA	BHC-L2YF-1BF/F8468AR	161	2900	2600	165	58	84	2
55 BARON	BHC-C2YF-2CHUF/FC8465()-6	182	5100	2625	260	71	78	2
PA-24-180	HC-C2YR-1BF/F7666A-4	161	2550	2700	180	58	72	2
PA-28R-201	HC-C3YR-1RF/F7282	149	2750	2700	200	71	74	3
M20A	HC-C2YR-1BFP/F7497	130	2450	2700	180	62	74	2
M20C	HC-C3YR-1RF/F7282	130	2575	2700	180	71	74	3
M20J	HC-C3YR-1RF/F7282	152	2740	2700	200	71	74	3
M20K	PHC-J3YF-1RF/F7663A()-2R	174	2900	2700	210	75	76	3
M20R OVATION	PHC-J3YF-1RF/F7693DF()-2	174	3200	2500	280	80	76	3
M20S EAGLE	PHC-J3YF-1RF/F7498	174	3200	2400	244	72.5	76	3

Pada gambar 3.5 dapat dilihat hubungan antara berat *propeller* dan jumlah *propeller* yang berbentuk regresi linear. Regresi linear adalah hubungan antara keduanya yang dapat dibidang kuat, hal ini didapat dari persamaan $y = 0,0008x^2 - 0,0885x + 4,5484$ dan $R^2 = 0,5234$. Nilai R menunjukkan nilai hubungan antara keduanya yang terbilang kuat. Itu artinya jumlah *propeller* mempengaruhi berat *propeller*.

3.6 Korelasi berat pesawat dan diameter *propeller*

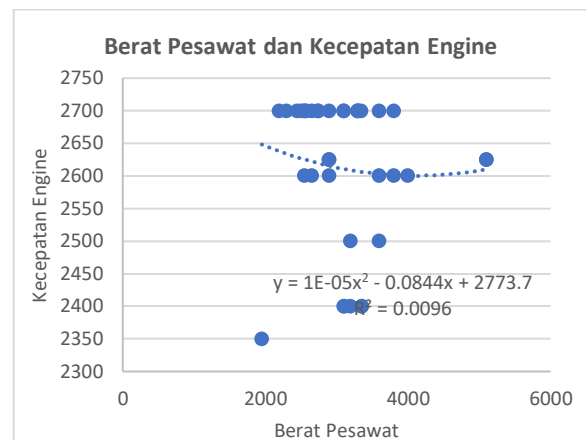


Gambar 3.6 Grafik hubungan berat pesawat (lb) dan diameter *propeller* (inch)

Pada gambar 3.6 dapat dilihat titik-titik pada grafik membentuk cluster sehingga garis tidak bisa ditarik secara linier. Dari persamaan $y = -1E-0,6x^2 + 0.0108x + 59.222$ dan nilai $R^2 = 0,1316$ menunjukkan korelasi antar keduanya sangat rendah karena untuk hubungan berat pesawat dan diameter *propeller* membentuk *cluster*, yaitu pengelompokan data yang dihasilkan dari data-data yang memiliki kemiripan.

3.7 Korelasi berat pesawat dan kecepatan engine

Dapat dilihat pada grafik terdapat hubungan antara berat pesawat dan kecepatan rotasi engine berbentuk regresi linear. Regresi adalah hubungan antara keduanya yang jika dilihat dari nilai persamaan $y = 1E-05x^2 - 0.0844x + 2773.7$ dan $R^2 = 0.0096$ dapat disimpulkan sangat lemah. Secara regresi memang lemah karena pola titik-titik pada gambar membentuk cluster, yaitu pengelompokan data yang dihasilkan dari data-data yang memiliki kemiripan. Hal ini dikarenakan tipe engine yang sama maka kecepatan engine juga sama.



Gambar 3.7 Grafik berat pesawat (lb) dan kecepatan engine(rpm)

3.8 Desain Konseptual

Untuk desain konseptual sebuah *propeller* dibutuhkan dimensi *propeller* yang nilai korelasinya tinggi dengan *variable* lainnya. Pada penelitian ini diambil berat pesawat sebesar 3500lb, dikarenakan pesawat dengan berat 3500lb belum ada pada data. Jika pesawat dengan berat 3500 lb, maka hubungan dengan *variable* lain yang korelasinya tinggi adalah dengan *power engine*, berat *propeller* dan jumlah *propeller*.

Berdasarkan persamaan berikut:

1. Berat pesawat dan *power engine*
 $y = -4E-05x^2 + 0.3375x - 403.6$, dimana
 $x = 3500$, maka $y = 287,65$ hp.
2. Berat pesawat dan berat *propeller*
 $y = -5E-06x^2 + 0.0476x - 20.045$, dimana
 $x = 3500$, maka $y = 84,9$ lb.
3. Berat *propeller* dan jumlah *propeller*
 $y = 0.0008x^2 - 0.0885x + 4.5484$, dimana
 $x = 84.9$, maka $y = 3$ bilah.

IV. Kesimpulan

1. Dimensi propeller tentu saja mempengaruhi gaya dorong pesawat, karena propeller berfungsi untuk memindahkan udara ke belakang pesawat agar pesawat bisa maju. Semakin besar diameter propeller maka akan semakin luas area propeller sehingga udara yang terambil lebih banyak dan gaya dorong yang dihasilkan lebih besar. Semakin banyak bilah propeller maka akan semakin banyak udara yang terambil oleh propeller.
2. Propeller mempengaruhi spesifikasi pesawat, karena semakin besar diameter propeller, semakin banyak bilah propeller dan semakin berat propeller maka akan semakin berat pesawat. Berat pesawat tentu berpengaruh kepada spesifikasi pesawat yang lain, seperti power engine dan kecepatan engine.
3. Berdasarkan desain konseptual, jika pesawat dengan berat 3500 lb maka diameter propeller 80 inch dan berat propeler 84,9 pounds dengan kecepatan engine 2500 rpm dan membutuhkan power engine sebesar 287,65 hp.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] HAMILTON STANDARD (1963), Generalized Method of Propeller Performance Estimation, Hamilton Standard Report PDB 6101, Revision A, 1963
- [2.] Arismunandar, W., "Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi", Penerbit ITB, Bandung, 2002.
- [3.] Aircraft Propeler Aerodynamic Process.
www.aircraftsystemtech.com/p/propeler-, diakses tanggal 21 Juni 2021
- [4.] FAA. "Instrument Flying Handbook". New York, 2011
- [5.] John D. Anderson, Jr. "Introduction to flight". McGraw Hill International Edition, New York, 1989.
- [6.] Raymer, Daniel P. "Aircraft Design: A Conceptual Approach". American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. 370 L'Enfant Promenade, S.W., Washington, D.C. 20024
- [7.] Wiratama, Caesar. 2016. Propeler Pesawat Aeromodelling.
<https://www.aeroengineering.co.id/2016/03/propeler-pesawat-aeromodelling/>, diakses pada tanggal 26 Juni 2021
- [8.] G.J.J Rujigrok. "Delft University Press Stevinweg 1 2628 CN Delft, The Netherlands.
- [9.] Aerospace, Mechanical & Mechatronic Engg. 2005. Froude's Propeler Theory.
<http://www.mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/aerothermaldvdonly/aero/fprops/cvanalysis/node50.html>, diakses pada tanggal 25 Juni 2021
- [10.] _____, Cessna 177.
<http://www.flugzeuginfo.net/a>

- [cdata_php/acdata_cessna_177_en.php](#), diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [11.] _____, _____, Cessna R172, <https://planephd.com/wizard/details/346/CESSNA-R172K-Hawk-XP-specifications-performance-operating-cost-valuation>, diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [12.] _____, _____, Cessna 172F, <https://planephd.com/wizard/details/178/CESSNA-172F-specifications-performance-operating-cost-valuation>, diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [13.] _____, _____, Cessna 182, http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_cessna182_en.php, diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [14.] _____, _____, Cessna 180, http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_cessna180_en.php, diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [15.] FAA, _____, TCDS No.3A21, http://www.aeroelectric.com/Reference_Docs/Cessna/cessna-misc/C210_FAATypeCertData.pdf, diakses pada tanggal 07 Januari 2022
- [16.] _____, _____, Cessna 310, http://selfsynchronize.com/hayne/plane/310_tc.pdf, diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [17.] Cessna, _____, Cessna T206H Specification, <http://www.airmart.com/sites/default/files/Cessna%20T206H%20Performance%20and%20SPECIFICATIONS.pdf>, diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [18.] _____, Cessna Models, <https://planephd.com/wizard/manufacturers/CESSNA/>, diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [19.] _____, 2019, Type Acceptance Report. https://www.aviation.govt.nz/assets/aircraft/type-acceptance-reports/Cessna_185_Series.pdf, diakses pada tanggal 12 Desember 2021
- [20.] FAA, _____, TCDS No. 3A15, <https://www.csobeech.com/files/TCDs-Bonanzas.pdf>, diakses pada tanggal 18 Februari 2022
- [21.] FAA, _____, TCDS No. 3A16, <https://www.csobeech.com/files/B55TCDS.pdf>, diakses pada tanggal 18 Februari 2022
- [22.] FAA, _____, TCDS No. 2A13, [https://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rqMakeModel.nsf/0/e0f48f814ea3dd6486257bb20063ad44/\\$FILE/2A13_Rev_52.pdf](https://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rqMakeModel.nsf/0/e0f48f814ea3dd6486257bb20063ad44/$FILE/2A13_Rev_52.pdf), diakses pada tanggal 18 februari 2022
- [23.] _____, 2021, Regresi Linear, https://id.wikipedia.org/wiki/Regresi_linear, diakses pada tanggal 18 februari 2022
- [24.] Dr. Meiryani, S.E., Ak., M.M., M.Ak., CA., 2021, Memahami Koefisien Determinasi Dalam Regresi Linear, [MEMAHAMI KOEFISIEN DETERMINASI DALAM REGRESI LINEAR – Accounting \(binus.ac.id\)](#), diakses pada tanggal 18 Februari 2022

- [25.] FAA, _____, TCDS No. 2A3,
<http://www.accelerationtech.com/photos/mooney/TypeCert/FAA-Type-Cert-Mooney-2A3.pdf>,
diakses pada tanggal 18 Febuari 2022