

# Analisis Pengaruh Hubungan PWM Terhadap Kecepatan dan *Thrust* pada Motor BLDC Menggunakan Metode Regresi Linier Berbasis Python

Junardo Herdiansyah<sup>1</sup>, Dwi Septiyanto<sup>2</sup>, Febi Ariefka Septian Putra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*

<sup>1</sup>*Email: junardo.herdiansyah.toi20@polban.ac.id*

<sup>2</sup>*Email: dwi.septiyanto@polban.ac.id*

<sup>3</sup>*Email: febi.arieska@polban.ac.id*

## ABSTRAK

Python merupakan salah satu bahasa pemrograman yang sering digunakan untuk beberapa *project* robotika, *machine learning*, *artificial intelligence*, *data scientist* dan *data analysis*. Hal tersebut pula yang mendasari python sebagai bahasa pemrograman yang sangat banyak digunakan. Pada penelitian ini penulis mengimplementasikan python sebagai bahasa pemrograman untuk dapat menganalisis data hubungan antara PWM dengan kecepatan motor dan *thrust* pada motor BLDC dengan metode regresi linier. Tujuan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan bahasa pemrograman python dapat melakukan analisis hubungan *variable* tersebut tanpa menggunakan aplikasi statistika dan juga dapat melakukan uji hipotesa apakah ada pengaruh besarnya nilai PWM terhadap kecepatan motor BLDC dan *thrust* pada motor *propeller*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya hubungan positif antara besarnya nilai PWM terhadap naiknya kecepatan motor BLDC dan *thrust* motor *propeller* dilihat dari koefisien regresinya, sedangkan untuk uji hipotesis menunjukkan bahwa adanya pengaruh nilai PWM terhadap kecepatan motor BLDC dan *thrust* motor *propeller*. Pengaruh perubahan nilai PWM terhadap kecepatan motor adalah 91.8% sedangkan untuk pengaruh nilai PWM terhadap gaya dorong atau *thrust* motor *propeller* adalah sebesar 99.8%.

### Kata Kunci

*Python*, Regresi Linier, Pengaruh, Kecepatan, *Thrust*, BLDC

## ABSTRACT

*Python is one of the programming languages frequently used for various projects in robotics, machine learning, artificial intelligence, data science, and data analysis. This versatility underpins Python's widespread adoption. In this study, the author implements Python as the programming language to analyze the relationship between PWM, motor speed, and thrust in a BLDC motor using linear regression methods. The goal of this research is to demonstrate that with Python, one can analyze these variable relationships without using traditional statistical applications and also perform hypothesis testing to determine whether PWM significantly influences the speed of the BLDC motor and thrust of the propeller motor. The results of this study indicate a positive relationship between the PWM value and the increase in BLDC motor speed and propeller motor thrust, as seen from the regression coefficients. Furthermore, hypothesis testing shows a significant effect of PWM values on BLDC motor speed and propeller motor thrust. The influence of PWM value changes on motor speed is 91.8%, whereas for the influence of PWM value on motor-propeller thrust, it is 99.8%.*

### Keywords

*Python, Linear Regression, Influence, Speed, Thrust, BLDC*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang signifikan mempengaruhi gaya dan kebutuhan manusia untuk dapat terus menerus berinovasi. Salah satunya adalah dengan adanya robot terbang atau UAV (*unmanned aerial vehicle*). Dalam membuat atau mengendalikan UAV tersebut diperlukan seperangkat alat elektronik berupa mikrokontroler untuk dapat mengatur kecepatan UAV. Pengaturan kecepatan motor pada UAV tersebut membutuhkan input berupa PWM (*Pulse Width Modulation*) yang disalurkan ke ESC (*Electronis Speed Controller*) untuk mengatur kecepatan motor BLDC pada UAV.

Pada pengaturan kecepatan motor BLDC sendiri secara variabel dapat diatur dengan menggunakan teknik berupa input dari PWM (1)-(3). Pengaturan dilakukan dengan memasukkan *variable* angka PWM mulai dari 0 hingga 255. Dengan demikian motor BLDC UAV dapat mengeluarkan kecepatan berupa nilai RPM (*Rotation Per Minutes*) yang berbeda-beda.

Ketika motor tersebut dipasangkan propeller, maka ketika RPM nilainya bertambah, maka nilai *thrust* atau gaya angkat juga nilainya akan bertambah. Peningkatan nilai *thrust* atau gaya angkat pesawat seiring dengan bertambahnya nilai kecepatan motor BLDC yang diberi input berupa PWM oleh *mikrokontroler* (4)-(6). Sehingga agar dapat membuat UAV terbang, maka diperlukan kecepatan motor dengan gaya angkat yang sesuai sehingga dapat melampaui gravitasi bumi.

Kemajuan teknologi dan bahasa pemrograman juga mempengaruhi tingkah laku manusia dalam menganalisis suatu sistem. Dalam hal ini python merupakan salah satu bahasa pemrograman yang digunakan untuk dapat melakukan data *analyst* (7)-(8).

Regresi linier merupakan suatu metode untuk mengetahui hubungan antara *variable independent* dengan *dependent* (9). Metode ini digunakan untuk mengetahui berapa hubungan yang terjadi untuk nilai dari *variable independent* dapat mempengaruhi *variable dependent* (10)-(11). Pada penelitian ini *variable independent* berupa PWM dan *variable dependent* berupa kecepatan motor BLDC dan *thrust* motor *propeller*.

Oleh karena itu pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara PWM terhadap kecepatan motor BLDC dan gaya dorong atau

*thrust* menggunakan metode regresi linier sederhana dengan basis bahasa pemrograman menggunakan python.

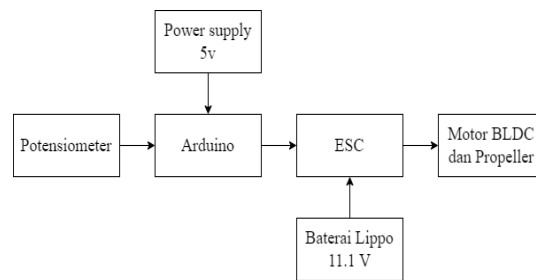
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini penulis berfokus pada menganalisis hubungan variabel independen berupa PWM terhadap variabel dependen berupa kecepatan motor dan gaya angkat atau *thrust*, serta melakukan uji hipotesis apakah PWM memiliki pengaruh terhadap kecepatan motor dan gaya dorong atau *thrust* motor. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode regresi linier yang berbasis pada bahasa pemrograman python.

### 2.2 Metode Pengambilan data

Pengambilan data pada penelitian kali ini melalui secara langsung alat diuji oleh penulis. Berikut blok diagram sistem yang diuji.



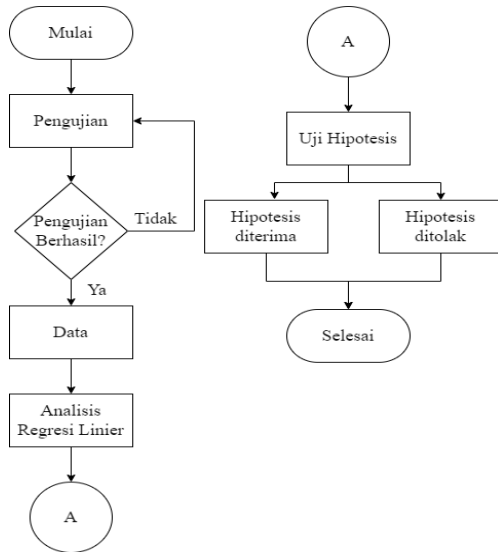
Gambar 1. Diagram blok sistem

Berikut spesifikasi sistemnya :

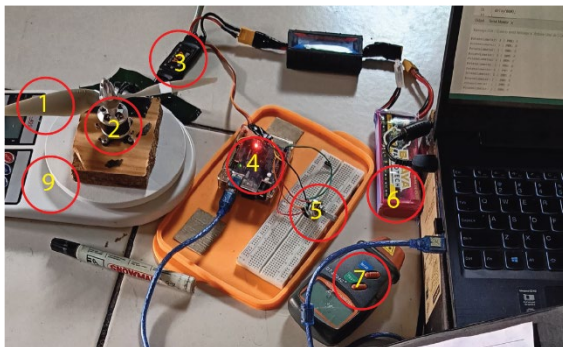
Tabel 1. Spesifikasi sistem

No	Komponen	Speksifikasi
1	Arduino	Tipe Uno
2	ESC	Teg. Mkas 16.5 V
3	Proppeler	8045
4	Motor BLDC	11.1V 1400 KV
5	Potensiometer	10K Ohm
6	Baterai	11.1 Volt

Berdasarkan blok diagram pada gambar 1 dan spesifikasi yang tercantum pada tabel 1 di atas, maka sistem diuji dan pengambilan data untuk gaya dorong atau *thrust* menggunakan timbangan, sedangkan untuk kecepatan motor BLDC menggunakan *tachometer*. Berikut diagram alir analisis sistem.



Gambar 2. Diagram alir analisis sistem



Gambar 3. Pengujian sistem

Berdasarkan gambar 3 di atas, berikut keterangan pada gambar:

Tabel 2. Keterangan gambar pengujian sistem

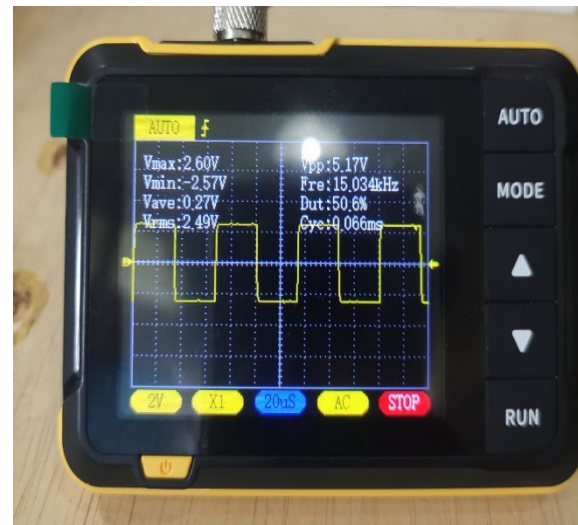
No	Komponen
1	Propeller
2	Motor BLDC
3	ESC
4	Arduino
5	Potensiometer
6	Baterai
7	Tachometer
8	Timbangan

### 2.3 Analisa Hubungan PWM Terhadap Kecepatan dan *Thrust* Motor BLDC

Dari pengujian di atas, maka diambil data untuk nilai PWM, Kecepatan motor, dan *thrust* motor BLDC. Kemudian data tersebut diolah menggunakan bahasa pemrograman python untuk mengetahui hubungan antara PWM dengan kecepatan motor BLDC dan hubungan antara PWM *thrust* motor *propeller*, menguji hipotesis apakah PWM berpengaruh terhadap 2 variabel di atas. Analisis data tersebut sesuai dengan diagram alir yang dibuat pada gambar 2.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji sistem didapatkan data berupa nilai PWM, nilai kecepatan motor BLDC, dan nilai *thrust* yang dihasilkan oleh motor dan *propeller*. Berikut untuk datanya disajikan dalam tabel 3.



Gambar 4. Grafik PWM (*Pulsa Width Modulation*) keluaran arduino

Berdasarkan gambar 4, maka keluaran atau *output* dari arduino sudah berupa PWM. Dengan demikian potensiometer digunakan untuk memberikan inputan analog agar dapat mengatur berapa PWM yang dikeluarkan untuk menghasilkan putaran motor atau kecepatan motor BLDC, dan juga dorong atau *thrust* pada motor dan *propeller*.

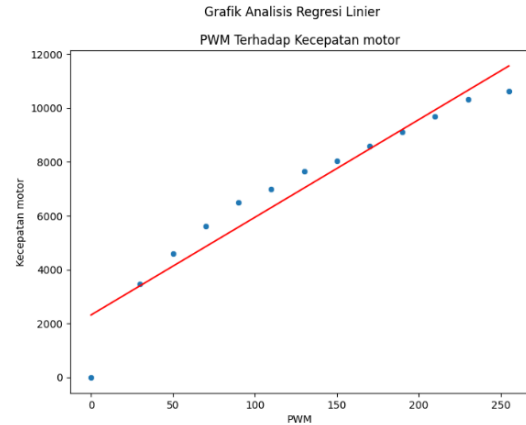
Tabel 3. Nilai PWM, Kecepatan motor (RPM) dan Thrust (gram)

NO	PWM	RPM	Thrust (gram)
1	0	0	0
2	30	3460	69
3	50	4593	122
4	70	5606	174
5	90	6502	230
6	110	7000	270
7	130	7654	320
8	150	8040	361
9	170	8598	410
10	190	9123	469
11	210	9693	524
12	230	10312	592
13	255	10632	647

Berdasarkan data yang termuat dalam tabel 3 diatas, ketika PWM 0, maka kecepatan motor dan *thrust* bernilai 0, namun jika nilai PWM sebesar 50%, maka kecepatan motor 7654 RPM dan gaya dorong atau *thrust* sebesar 320 gram. Dan jika PWM tersebut bernilai 100%, maka kecepatan motor BLDC berada pada 10.632 RPM dan gaya dorong atau *thrust* sebesar 647 gram. Dengan data tersebut diolah menggunakan bahasa pemrograman python untuk dapat dianalisis dengan menggunakan metode regresi linier. Berikut grafik hubungan PWM dengan kecepatan motor dan grafik hubungan PWM dengan *thrust* motor *propeller*.

### 3.1 Analisa Hubungan PWM Terhadap Kecepatan Motor Menggunakan Regresi Linier

Berdasarkan gambar 5, menunjukkan bahwa semakin besar nilai PWM, maka akan membuat kecepatan motor semakin cepat. Hal tersebut menunjukkan adanya hubungan linier antara besarnya PWM terhadap kecepatan motor BLDC yang dihasilkan.



Gambar 5. Grafik hubungan PWM terhadap kecepatan motor

Tabel 4. Hasil analisis regresi linier python hubungan PWM terhadap kecepatan motor

Hubungan PWM terhadap kecepatan motor		
Intercept	Coefficient	R-squared
2319.554	36.237	0.918

Berdasarkan analisis dengan menggunakan bahasa pemrograman python untuk regresi linier didapatkan tabel 4 seperti di atas. Untuk persamaan regresi linier mempunyai rumus bahwa

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Dimana :

Y : *Variable dependent* (Kecepatan motor)

a : Konstanta atau *intercept*

b : Koefisien regresi

X : *Variable independent* (PWM)

Berdasarkan tabel 4 dan rumus 1 maka didapatkan persamaan regresi untuk hubungan PWM terhadap kecepatan motor adalah sebagai berikut :

$$Y = 2319.554 + 36.237X \quad (2)$$

Berdasarkan rumus 2 pada persamaan di atas, berarti bahwa hubungan antara PWM terhadap kecepatan motor memiliki hubungan regresi positif. Artinya adalah bahwa ketika PWM bertambah nilainya, maka kecepatan motor akan bertambah juga nilainya dan angka 36.237 mengandung arti bahwa setiap kenaikan 1 nilai besaran PWM maka kecepatan motor akan meningkat 36.237 RPM. Berdasarkan tabel di atas, pula nilai R-squared sebesar 0.918. Nilai R-squared di atas mengandung arti

bahwa pengaruh penambahan nilai PWM terhadap kecepatan motor adalah sebesar 91.8%. sedangkan untuk 8.2% nya adalah variabel yang tidak diteliti seperti *getaran* ataupun yang lainnya.

### 3.1.1 Uji Hipotesis Regresi Linier PWM Terhadap Kecepatan Motor

Uji hipotesis berfungsi untuk mengetahui apakah koefisien regresi tersebut signifikan atau tidak. Berikut hipotesisi yang diajukan

H0 : Tidak ada pengaruh PWM terhadap kecepatan motor.

H1 : Ada pengaruh antara besarnya PWM terhadap kecepatan motor.

Pengujian ini melibatkan nilai alpha atau probabilitas sebesar 0.05.

Adapun yang menjadi dasar dalam pengambilan keputusan dalam analisis regresi dengan menggunakan bahasa pemrograman python adalah dengan melihat nilai  $P > |t|$ :

- Jika nilai  $P > |t| <$  nilai probabilitas, maka memiliki arti bahwa ada pengaruh antara besarnya nilai PWM terhadap kecepatan motor.
- Jika nilai  $P > |t| >$  nilai probabilitas, maka memiliki arti bahwa tidak ada pengaruh antara besarnya nilai PWM terhadap kecepatan motor.

```

===== OLS Regression Results =====
Dep. Variable:   Kecepatan motor   R-squared:       0.918
Model:           OLS               Adj. R-squared:  0.910
Method:         Least Squares      F-statistic:     122.6
Date:           Thu, 04 Jul 2024    Prob (F-statistic): 2.64e-07
Time:           17:09:19           Log-Likelihood:  -185.87
No. Observations: 13              AIC:             215.7
Df Residuals:   11                BIC:             216.9
Df Model:        1
Covariance Type: nonrobust

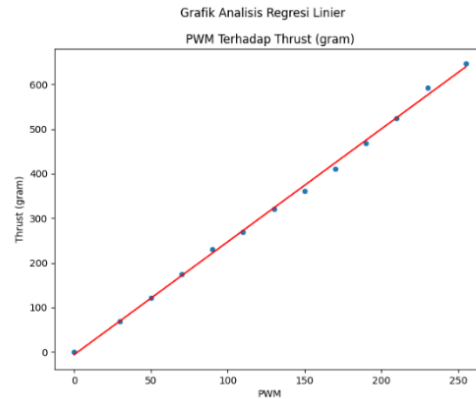
=====
               coef      std err          t      P>|t|      [0.025      0.975]
-----
const      2319.5540    492.887       4.706   0.001   1234.718   3404.398
PWM         36.2367       3.272      11.074   0.000    29.834    43.439
=====

Omnibus:         11.905   Durbin-Watson:   0.724
Prob(Omnibus):   0.003   Jarque-Bera (JB): 7.165
Skew:            -1.523   Prob(JB):         0.0278
Kurtosis:        4.989   Cond. No.         296.
    
```

Gambar 6. Hasil analisis regresi linier pada terminal

Berdasarkan nilai gambar 6 dengan nilai  $P > |t| <$  0.05 sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima artinya “ ada pengaruh besarnya nilai PWM terhadap kecepatan motor”.

### 3.2 Analisa Hubungan PWM Terhadap Thrust Motor Propeller Menggunakan Regresi Linier



Gambar 7. Grafik hubungan PWM terhadap *thrust* motor *propeller*

Berdasarkan gambar 7 di atas, menunjukkan bahwa semakin besar nilai PWM, maka akan membuat gaya dorong motor atau *thrust* motor semakin besar. Hal tersebut menunjukkan adanya hubungan linier antara besarnya PWM terhadap gaya dorong motor BLDC yang dihasilkan.

Tabel 5. Hasil analisis regresi linier python hubungan PWM terhadap *thrust* motor *propeller*

Hubungan PWM terhadap Thrust		
<i>Intercept</i>	<i>Coefficient</i>	<i>R-squared</i>
-5.879	2.531	0.998

Berdasarkan tabel 5 dan rumus 1 maka didapatkan persamaan regresi untuk hubungan PWM terhadap kecepatan motor adalah sebagai berikut :

$$Y = -5.879 + 2.531X \quad (3)$$

Berdasarkan rumus 3 pada persamaan di atas, berarti bahwa hubungan antara PWM terhadap kecepatan motor memiliki hubungan regresi positif. Artinya adalah bahwa ketika PWM bertambah nilainya, maka gaya dorong atau *thrust* motor *propeller* akan bertambah juga nilainya dan angka 2.531 mengandung arti bahwa setiap kenaikan 1 nilai besaran PWM maka gaya dorong atau *thrust* motor *propeller* akan meningkat 2.531 gram. Berdasarkan tabel diatas, pula nilai *R-squared* sebesar 0.998. Nilai *R-squared* di atas mengandung arti bahwa pengaruh penambahan nilai PWM terhadap gaya dorong atau *thrust* motor *propeller* adalah sebesar 99.8%. sedangkan

untuk 0.8% nya adalah *variable* yang tidak diteliti seperti getaran ataupun yang lainnya.

### 3.2.1 Uji Hipotesis Regresi Linier PWM Terhadap Thrust Motor Propeller

Uji hipotesis berfungsi untuk mengetahui apakah koefisien regresi tersebut signifikan atau tidak. Berikut hipotesis yang diajukan

H0 : Tidak ada pengaruh PWM terhadap gaya dorong atau *thrust* motor *propeller*.

H1 : Ada pengaruh antara besarnya PWM terhadap *thrust* motor *propeller*.

Pengujian ini melibatkan nilai alpha atau probabilitas sebesar 0.05.

Adapun yang menjadi dasar dalam pengambilan keputusan dalam analisis regresi dengan menggunakan bahasa pemrograman python adalah dengan melihat nilai  $P > |t|$ :

- Jika nilai  $P > |t| <$  nilai probabilitas, maka memiliki arti bahwa ada pengaruh antara besarnya nilai PWM terhadap gaya dorong atau *thrust* motor *propeller*.
- Jika nilai  $P > |t| >$  nilai probabilitas, maka memiliki arti bahwa tidak ada pengaruh antara besarnya nilai PWM terhadap gaya dorong atau *thrust* motor *propeller*.

```

=====
OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:  Thrust (gram)  R-squared:  0.998
Model:  OLS  Adj. R-squared:  0.998
Method:  Least Squares  F-statistic:  6423.
Date:  Thu, 04 Jul 2024  Prob (F-statistic):  1.42e-16
Time:  21:34:57  Log-Likelihood:  -45.537
No. Observations:  13  AIC:  95.07
DF Residuals:  11  BIC:  96.20
DF Model:  1
Covariance Type:  nonrobust
=====
              coef      std err          t      P>|t|      [0.025   0.975]
-----
const      -5.8787       4.756      -1.236     0.242    -16.348    4.590
PWM         2.5388       0.032    80.143     0.000     2.461    2.600
=====
Omnibus:  0.074  Durbin-Watson:  0.897
Prob(Omnibus):  0.964  Jarque-Bera (JB):  0.085
Skew:  -0.026  Prob(JB):  0.958
Kurtosis:  2.606  Cond. No.  296.
=====

```

Gambar 8. Hasil analisis regresi linier pada terminal untuk PWM terhadap *thrust* motor *propeller*

Berdasarkan nilai gambar 8 dengan nilai  $P > |t| <$  0.05 sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima artinya “ ada pengaruh besarnya nilai PWM terhadap *thrust* motor *propeller*”.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa dengan memperoleh persamaan regresi PWM terhadap kecepatan motor BLDC dan *thrust* motor *propeller* memperoleh hubungan regresi

positif yang artinya ketika PWM bertambah, maka kecepatan motor BLDC akan meningkat dan *thrust* pada motor *propeller* juga akan meningkat. Selain itu ketika melakukan uji hipotesis pada kedua *variable dependent* tersebut menunjukkan bahwa adanya pengaruh antara besarnya nilai PWM terhadap kecepatan motor BLDC dan *thrust* motor *propeller*. Pengaruh perubahan nilai PWM terhadap kecepatan motor adalah 91.8% sedangkan untuk pengaruh nilai PWM terhadap gaya dorong atau *thrust* motor *propeller* adalah sebesar 99.8%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Akbar D, Riyadi S. Pengaturan Kecepatan Pada Motor Brushless DC (BLDC) Menggunakan PWM (Pulse Width Modulation). Dalam: Seminar Nasional Kontrol, Instrumentasi dan Otomasi (SNIKO) 2018 [Internet]. Pusat Teknologi Instrumentasi dan Otomasi ITB; 2019 [dikutip 5 Juli 2024]. hlm. 255–62. Tersedia pada: <http://journal.citaib.com/sniko/article/view/77>
2. Astuti P, Masdi H. Sistem Kendali Kecepatan Motor BLDC Menggunakan PWM Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. JTEIN. 31 Januari 2022;3(1):120–35.
3. Sartika, EM, Muliady M, Sarjono R, Yuvens V. Pengontrolan Kecepatan Rotor BLDC UAV Berdasarkan Hasil Identifikasi menggunakan Metode Regresi. ELKOMIKA. 22 Januari 2021;9(1):114.
4. Wahyu Adi Prayoga DG, Alit Swamardika IB, Arta Wijaya IW. Analisis Uji Thrust Motor EDF Dan Penentu Sistem Lepas Landas Di Wahana Roket Berbasis ATMEGA 328. SPEKTRUM. 31 Oktober 2021;8(3):149.
5. Alfiannor A, Riyanti LE, Kurniawan A. Pengukuran Thrust dan RPM Propeller Motor Brushless pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV). JIA. 25 Maret 2022;15(01):11–7.
6. Mas Intan HR, Muhammad Luqman Bukhori, Sabri Alimi. Rancang Bangun Alat Uji Thrust Motor Brushless Dengan Variasi Propeller. teknika. 30 Juli 2023;9(1):65–75.
7. Navlani A, Fandango A, Idris I. Python Data Analysis: perform data collection, data processing, wrangling, visualization, and model building using Python. third edition. Birmingham: Packt Publishing; 2021. 462 hlm.
8. McKinney W. Python for data analysis. Beijing: O'Reilly; 2013. 447 hlm.
9. Lestari S. Analisis Algoritma Regresi Linear Sederhana dalam Memprediksi Tingkat Penjualan Album KPOP. INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi. 28 Februari 2023;2(1):199–209.

10. Dzakyyah F, Ishak JF. Pengaruh Biaya Kualitas dan Biaya Produksi Terhadap Penjualan (Studi Kasus pada PT. XYZ). 2022;
11. Rietveld K, Sunaryanto H. 87 Masalah Pokok dalam Regresi Berganda. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset; 1994.