



PENGUKURAN PENGARUH KETINGGIAN TERHADAP TEKANAN UDARA MENGGUNAKAN SENSOR IMU-10-DOF PADA MUATAN ROKET

¹*Mudarris, ²Munzir

¹Magister Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada , Yogyakarta

²Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar , Makassar

Email: mudarris@mail.ugm.ac.id¹, munzirmus@gmail.com²

*Corresponding author: Mudarris¹

ABSTRAK

Sistem muatan roket untuk mengukur parameter atmosfer berbasis sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) merupakan salah satu metode yang bisa dilakukan untuk mengukur keadaan atmosfer termasuk mengukur tekanan udara berdasarkan ketinggian tempat Dari Permukaan Laut (DPL) atau biasa disebut altitude. Dunia penerbangan biasanya sangat terpengaruh terhadap tekanan udara terutama pada saat pesawat ingin lepas landas dan mendarat, karena akan mengurangi daya angkat pesawat. Selain itu tekanan udara juga mempunyai dampak terhadap kesehatan manusia. Maka dari itu pentingnya mengetahui tekanan udara di tempat-tempat tertentu. Pada penelitian ini menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui bagaimana hubungan antara ketinggian DPL terhadap tekanan udara. Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan muatan roket dan hasil uji dari penelitian ini terdapat pengaruh negatif (tidak searah) antara ketinggian DPL dan tekanan udara terbukti dari koefisien regresi bernilai negatif (-0,999), hasil uji ditemukan -t hitung < -t tabel (-213,175 < -1,987), dan nilai signifikan lebih kecil dari 0,05 (0.00 < 0.05). Hal ini berarti semakin rendah suatu tempat dari permukaan laut (DPL) maka tekanan udara akan semakin meningkat.

Kata Kunci: Muatan Roket, Inertial Measurement Unit (IMU), Ketinggian Dari Permukaan Laut, Tekanan Udara

ABSTRACT

The rocket payload system for measuring atmospheric parameters based on Inertial Measurement Unit (IMU) sensors is one method that can be done to measure the state of the atmosphere including measuring air pressure based on the height of the place from sea level (DPL) or commonly called altitude. The world of aviation is usually very affected by air pressure, especially when the plane wants to take off and land, because it will reduce the lift of the aircraft. In addition, air pressure also has an impact on human health. Therefore, it is important to know the air pressure in certain places. In this study using the linear regression method to find out how the relationship between DPL height and air pressure. Based on the results of observations using rocket payloads and test results from this study there is a negative influence (unidirectional) between DPL altitude and air pressure as evidenced by the negative regression coefficient (-0.999), the test results found -t count < -t table (-213.175 < -1.987), and a significant value smaller than 0.05 (0.00 < 0.05). This means that the lower a place is from sea level (DPL), the more air pressure will increase.

Keywords: Rocket Payload, Inertial Measurement Unit (IMU), Altitude From Sea Level, Air Pressure

1. PENDAHULUAN

Roket merupakan salah satu wahana dirgantara yang memiliki fungsi beraneka ragam. Roket dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk mengorbitkan satelit atau wahana antariksa dengan misi-misi khusus (muatan roket) (George P. Sutton, 20189), misalnya satelit mata-mata militer, satelit komunikasi komersial, pemantau cuaca, satelit penelitian, stasiun antariksa, teleskop di angkasa dan wahana antariksa lainnya (Nasional, 2012). Penggunaan muatan roket dalam memantau keadaan atmosfer dapat dilakukan dengan meluncurkan muatan roket ke angkasa dengan ketinggian tertentu untuk mengambil data keadaan atmosfer (Muhammad Taufik, I Made Suksmadana, n.d.). Teknologi pengamatan atmosfer khususnya untuk pengamatan vertikal ke angkasa di Indonesia masih tergolong minim, sementara itu aktifitas atmosfer di daerah Indonesia sangat dinamis, sulit dipahami dan sulit untuk diprediksi (Putri Kartika Sari, Afis Prataman, 2020). Saat ini teknologi pengamatan vertikal atmosfer masih mengandalkan produk dari luar negeri, sehingga perlu penguasaan teknologi pengamatan atmosfer secara mandiri.

Salah satu parameter yang perlu diamati dalam atmosfer adalah tekanan udara. Tekanan udara ini memiliki pengaruh terhadap dunia aviasi termasuk dalam pengoperasian wahana terbang seperti pesawat. Pengaruh tekanan udara berbeda untuk setiap tempat (bervariasi) (Fadholi, 2013). Tekanan disuatu tempat selalu berubah bersama

dengan perubahan waktu (Fadholi, 2012). Dengan mengetahui gangguan unsur cuaca pada saat pesawat akan mengudara (*take off*) dan mendarat (*landing*), maka gangguan tersebut akan dapat diantisipasi sehingga pesawat akan terhindar dari kecelakaan. Karena semakin rendah suatu tempat maka tekanan udara akan semakin tinggi (Putri et al., 2017). Selain tekanan udara juga dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Tekanan udara yang berubah-ubah dapat memengaruhi kesehatan, seperti memicu nyeri telinga dan sendi (Shaziya Allarakha, 2021).

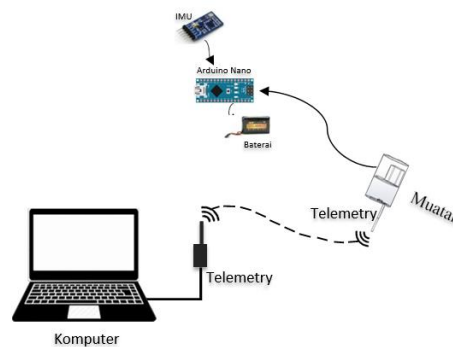
Beberapa teknologi sensor tersedia untuk melakukan deteksi cuaca termasuk tekanan udara, namun tidak satu pun dari sensor tersebut, yang dapat memprediksi cuaca secara mutlak. Penggunaan Altimeter barometrik juga telah diterapkan (Manivannan et al., 2020), khususnya untuk menstabilkan posisi dalam arah vertikal (pelacakan ketinggian). Selanjutnya, integrasi altimeter barometrik dengan *Inersial Measurement Unit* (IMU) yang menanamkan giroskop tri-aksial dan akselerometer tri-aksial disebut sebagai baro-IMU (Sabatini & Genovese, 2014). Portabilitas yang baik merupakan keunggulan menarik dari teknologi baro-IMU untuk beberapa aplikasi industri, pertahanan, dan penelitian (Sabatini & Genovese, 2014).

Dengan adanya sensor IMU pengukuran tekanan udara dapat dilakukan secara bersamaan dengan ketinggian suatu tempat dari permukaan laut (Khaery et al., 2020). Biasanya parameter-parameter tersebut diukur. Alat ukur tekanan seperti Sensor IMU 10 DOF yang dapat mengakuisisi nilai barometer. Sehingga penggunaan satu sensor untuk mengukur berbagai variabel dapat dilakukan. Pada paper penelitian ini dilakukan pengukuran tekanan udara berdasarkan ketinggian saat peluncuran muatan roket yang menggunakan sensor IMU-10-DOF.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Sistem

Pada tahap perencanaan sistem ini dilakukan kegiatan perencanaan dari sistem yang akan dibuat. Tahap ini meliputi persiapan alat dan bahan serta pembuatan desain sistem yang akan dibuat. Muatan roket yang akan dirancang berfungsi sebagai media monitoring secara realtime sikap roket (*surveillance*) sehingga diharapkan visualisasi pengiriman dan pengolahan data dapat ditampilkan dengan baik pada monitor laptop berbasis *Graphical User Interface* (GUI) (Mudarris & Zain, 2020). Muatan roket (*payload*) terdiri dari rangkaian komunikasi radio bersifat transceiver (transmit dan receive) atau yang sering disebut dengan komunikasi dua arah antara payload dengan GCS, rangkaian elektronika yang terdiri dari mikrokontroler arduino, IMU, dan beberapa perangkat pendukung lainnya (Mudarris et al., 2022).



Gambar 1. Desain Muatan Roket

Sensor IMU pada payload berfungsi untuk membaca data 3 axis gyroscope dan 3 axis accelerometer serta Barometer (suhu, tekanan udara dan ketinggian dari permukaan laut/*altitude*).

2.2 Metode Analisis Data

Pada tahap perencanaan sistem ini dilakukan kegiatan perencanaan dari sistem yang akan dibuat. Tahap ini meliputi persiapan. Dalam penelitian ini teknik statistik yang digunakan adalah analisis regresi linier sederhana, karena ingin mengetahui pengaruh antara variabel bebas (*independent*) dan variabel tak bebas (*dependent*). Regresi linier sederhana digunakan hanya untuk satu variabel bebas (*independent*) dan satu variabel tak bebas (*dependent*).

Penentuan Hipotesis untuk melakukan analisis regresi linear sederhana:

H0 = Tidak hubungan antara ketinggian tempat dari permukaan laut (DPL) dengan tekanan udara

H1 = Terdapat hubungan antara ketinggian tempat dari permukaan laut dengan tekanan udara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Ketinggian DPL Terhadap Tekanan Udara

1. Analisis Pengaruh Ketinggian Terhadap Tekanan Udara

a. Uji Korelasi Variabel Dependen dan Independen

Data uji coba dapat dilakukan uji hipotesis untuk diketahui ada atau tidak adanya hubungan linier antara tekanan udara dan ketinggian tempat Dari Permukaan Laut (DPL). Hipotesis tentang tidak adanya hubungan linier antara variable independent (ketinggian DPL) dengan variable dependent (tekanan udara) dinyatakan dalam bentuk hipotesis nol sebagai berikut:

$$H_0 : \mu = 0$$

(Tidak ada hubungan antara ketinggian tempat dari permukaan laut (DPL) dengan tekanan udara)

Hipotesis alternatif bagi hipotesis nol tersebut adalah bahwa ada hubungan linier antara kedua variable tersebut, artinya $\mu \neq 0$. Hal ini dirumuskan sebagai berikut:

$$H_1 : \mu \neq 0$$

(Terdapat hubungan antara ketinggian tempat dari permukaan laut (DPL) dengan tekanan udara)

Pengolah data yang digunakan pada penelitian ini yaitu software pengolahan data SPSS 22 agar dapat diketahui seberapa kuat hubungan linier antara tekanan udara dan ketinggian tempat dari permukaan laut. Pada penelitian ini digunakan sampel sebanyak 100 data ketinggian DPL.

Gambar 2 menunjukkan data hasil pengolahan nilai ketinggian DPL dan tekanan udara.

Correlations

		Tekanan	Ketinggian
Tekanan	Pearson Correlation	1	.999**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	100	100
Ketinggian	Pearson Correlation	-.999**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	100	100

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Gambar 2. Nilai Korelasi antara ketinggian dan tekanan udara

Berdasarkan hasil pada tabel di atas maka dapat diketahui informasi sebagai berikut :

- Nilai korelasi pearson Tekanan udara terhadap Ketinggian adalah sebesar -0.999 tergolong sangat tinggi dan nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0.000 lebih kecil dari 0.05.
- Berdasarkan hasil tersebut maka dapat diketahui terdapat hubungan negatif signifikan antara Tekanan udara terhadap Ketinggian. Semakin Tinggi nilai Tekanan udara maka ketinggiannya semakin rendah.

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh jarak terhadap nilai RSSI, maka perlu dilakukan analisis regresi linier seperti terlihat pada Gambar 3.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.999 ^a	.998	.998	15.03403

a. Predictors: (Constant), Tekanan

Gambar 3. Nilai R Square

Dari output diatas diketahui R Square sebesar 0.998. nilai mengandung arti bahwa pengaruh Ketinggian DPL terhadap tekanan udara adalah 99.8 % sedangkan 0.2% dipengaruhi variabel lain yang tidak diteliti.

b. Pengujian Hipotesis untuk membandingkan nilai Signifikansi dengan 0.05

Adapun yang menjadi dasar pengambilan keputusan dalam analisis regresi dengan melihat nilai signifikansi (Sig.) hasil output SPSS adalah :

- Jika nilai Sig. lebih kecil < dari probabilitas 0,05 artinya ada pengaruh ketinggian terhadap tekanan udara.

- Sebaliknya, jika Sig. lebih besar > dari probabilitas 0,05 artinya tidak ada pengaruh ketinggian terhadap tekanan udara.

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8812.724	39.390		223.732	.000
	Tekanan	-.087	.000	-.999	-213.175	.000

a. Dependent Variable: Ketinggian

Gambar 4. Nilai Signifikansi

Berdasarkan output di atas nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,000 lebih kecil dari < probabilitas 0,005, sehingga dapat disimpulkan bahwa H₀ ditolak dan H₁ diterima, yang berarti ada pengaruh ketinggian DPL terhadap tekanan udara.

c. Uji Hipotesis membandingkan nilai t hitung dengan t tabel

Pengujian hipotesis ini sering juga disebut dengan uji t, karena pada penelitian ini ketinggian DPL berpengaruh negatif (tidak searah) terhadap tekanan udara (Semakin rendah Ketinggian DPL maka semakin tinggi tekanan udara), jadi dasar pengambilan keputusan dalam uji t adalah:

- Jika nilai -t hitung lebih kecil < dari -t tabel maka H₀ ditolak dan H₁ diterima (ada pengaruh ketinggian DPL terhadap tekanan udara).
- Sebaliknya, jika nilai -t hitung lebih besar > H₀ diterima dan H₁ ditolak (tidak ada pengaruh ketinggian DPL terhadap tekanan udara).

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8812.724	39.390		223.732	.000
	Tekanan	-.087	.000	-.999	-213.175	.000

a. Dependent Variable: Ketinggian

Gambar 5 Nilai Uji t

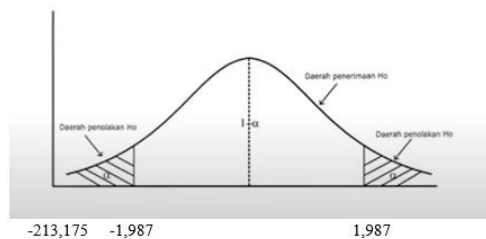
Berdasarkan output di atas diketahui nilai -t hitung sebesar -213,175. Adapun nilai t tabelnya adalah :

Nilai $\alpha/2 = 0,05/2 = 0.025$

Derajat kebebasan (df) = $n - k = 100 - 2 = 98$

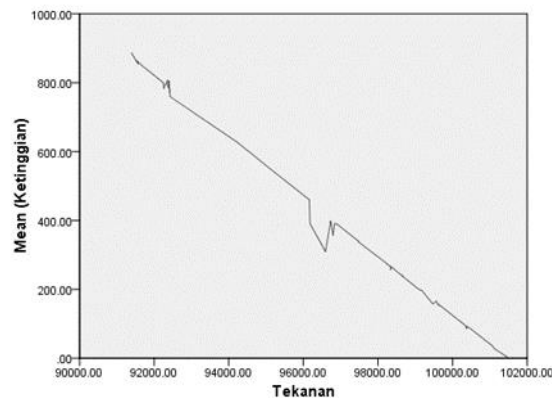
Berdasarkan t tabel nilai dari $t_{0,25 ; 98}$ adalah : 1,987

Karena berpengaruh negatif (tidak searah) maka t tabel yang dipakai adalah -1,987. Jadi -t hitung < -t tabel.



Gambar 6. Daerah penolakan H₀

Peluncuran muatan roket tersebut mengambil beberapa variabel data termasuk ketinggian DPL (altitude), tekanan udara, dan suhu. Muatan roket yang diluncurkan menggunakan sensor Inertial Measurement Unit (IMU)_10 Dof yang sudah termasuk sensor barometer (BMP180) untuk mengambil data terkait kondisi cuaca lingkungan sekitar. Sensor tersebut memiliki keakuratan yang bagus ditunjukkan dari data yang diambil terkait pengaruh ketinggian terhadap tekanan udara.



Gambar 7. Hubungan Ketinggian DPL dengan Tekanan Udara

3.2 Pembahasan

Pada penelitian menunjukkan bahwa ketinggian suatu tempat Diatas Permukaan Laut (DPL) mempengaruhi tekanan udara. Setiap daerah atau tempat dapat memiliki tekanan udara yang berbeda berdasarkan waktu keadaan cuaca ditempat tersebut. Data pada penelitian yang diambil di pinggir Pantai Santolo, Kabupaten Garut pada saat peluncuran muatan roket dalam ajang Kompetisi Muatan Roket Indonesia (KOMURINDO) yang diadakan oleh LAPAN RI (Sekarang BRIN). Peluncuran muatan roket tersebut mengambil beberapa variabel data termasuk ketinggian DPL (altitude), tekanan udara, dan suhu. Muatan roket yang diluncurkan menggunakan sensor Inertial Measurement Unit (IMU)_10 Dof yang sudah termasuk sensor barometer (BMP180) untuk mengambil data terkait kondisi cuaca lingkungan sekitar. Sensor tersebut memiliki keakuratan yang bagus ditunjukkan dari data yang diambil terkait pengaruh ketinggian terhadap tekanan udara.

4. KESIMPULAN

Pada peluncuran muatan roket yang dilakukan dengan menggunakan sensor Inertial Measurement Unit (IMU-10-DOF) untuk mengukur pengaruh ketinggian terhadap tekanan udara didapatkan hasil yaitu terdapat pengaruh negatif (tidak searah) antara ketinggian DPL dengan tekanan udara terbukti dari koefisien regresi bernilai negatif (-0,999), hasil uji ditemukan $-t \text{ hitung} < -t \text{ tabel}$ ($-213,175 < -1,987$), dan nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($0,00 < 0,05$). Hal ini berarti semakin Rendah suatu tempat dari permukaan laut (DPL) maka tekanan udara akan semakin meningkat.

REFERENSI

- Fadholi, A. (2012). *Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara terhadap Akhmad Fadholi*. 12(2), 93–101.
- Fadholi, A. (2013). Studi Pengaruh Suhu Dan Tekanan Udara Terhadap Daya Angkat Pesawat Di Bandara S . Babullah Ternate. *Teori Dan Aplikasi Fisika*, 01(02), 121–130.
- George P. Sutton, O. B. (20189). *Rocket Propulsion Elements*. In *Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey*.
- Khaery, M., Pratama, A. H., Wipradnyana, P., & Gunawan, A. A. N. (2020). Design of Air Pressure Measuring Devices Using a Barometric Pressure 280 (BMP280) Sensor Based on Arduino Uno. *Buletin Fisika*, 21(1), 14. <https://doi.org/10.24843/bf.2020.v21.i01.p03>
- Manivannan, A., Chin, W. C. B., Barrat, A., & Bouffanais, R. (2020). On the challenges and potential of using barometric sensors to track human activity. *Sensors (Switzerland)*, 20(23), 1–36. <https://doi.org/10.3390/s20236786>
- Mudarris, M., Basirung, M. R., & ... (2022). ROCKET LOAD TEST BASED ON INERTIAL MEASUREMENT UNIT SENSOR IN SUPPORTING NATIONAL AIR DEFENSE. *Jurnal Pertahanan: Media ...* <https://jurnal.idu.ac.id/index.php/DefenseJournal/article/view/1496>



- Mudarris, M., & Zain, S. G. (2020). Implementasi Sensor Inertial Measurement Unit (IMU) untuk Monitoring Perilaku Roket. *Avitec*, 2(1), 55–64. <https://doi.org/10.28989/avitec.v2i1.610>
- Muhammad Taufik, I Made Sukmadana, M. (n.d.). *Sistem Monitoring Muatan (Payload) Roket Menggunakan Perangkat Komunikasi Lora Sv611*.
- Nasional, L. P. dan A. (2012). *RUU Keantariksaan Lapan.pdf*. http://berkas.dpr.go.id/armus/file/Lampiran/leg_1-20180321-115526-2594.pdf
- Putri, A., Syafrialdi, Y., & Mustakim, M. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Titik Embun, Jarak Pandang, Kecepatan Angin, Dan Curah Hujan Metode Regresi Linier Berganda. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi Dan Industri*, 227–234.
- Putri Kartika Sari, Afis Prataman, H. A. D. R. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Muatan Balon Atmosfer Pada Kompetisi Muatan Balon Atmosfer Tahun 2019 Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional (Lapan) Kabupaten Garut. *Journal of Informatics Educator*, 3(Juni), 15–25.
- Sabatini, A. M., & Genovese, V. (2014). A sensor fusion method for tracking vertical velocity and height based on inertial and barometric altimeter measurements. *Sensors (Switzerland)*, 14(8), 13324–13347. <https://doi.org/10.3390/s140813324>
- Shaziya Allarakha, M. (2021). How Does Barometric Pressure Affect Humans? In *MedicineNet*. https://www.medicinenet.com/how_does_barometric_pressure_affect_humans/article.htm