

Peran Moderasi Kondisi Cuaca pada Pengaruh Efektivitas Program Pelatihan terhadap Capaian Kompetensi Psikomotorik Siswa Penerbang

(The Moderating Role of Weather Conditions on the Influence of Training Program Effectiveness on the Achievement of Psychomotor Competence of Student Pilots)

Andreas Parlindungan¹, Dede Ardian², Untung Lestari Nur Wibowo³, Marsel Ronaldo Lubis⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Penerbang Sayap Tetap, Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi

andreas_parlindungan@kemenhub.go.id¹, dede_ardian@kemenhub.go.id², untung_lestari@dephub.go.id³, marsel_ronaldo@dephub.go.id⁴

Article Info	Abstract
Article history: Received: 8 Juni 2026 Revised: 21 Oktober 2026 Accepted: 21 Oktober 2026 Keywords: Effectiveness of training programs Psychomotor competencies Weather conditions Moderators Student pilots Kata Kunci: Efektivitas program pelatihan Kompetensi psikomotorik Kondisi cuaca Moderator Siswa penerbang	This study aims to examine the effect of training program effectiveness on the achievement of psychomotor competency in student pilots, with weather conditions as a moderating variable. The study used a quantitative approach with a causal associative method and Moderated Regression Analysis (MRA) on 80 active student pilot respondents at the Indonesian Aviation Academy (API) Banyuwangi. Data were collected through a closed-ended questionnaire with a Likert scale and the instrument quality was tested through validity and reliability tests, and met all classical regression assumptions. The results showed that training program effectiveness had a positive and significant effect on the achievement of psychomotor competency in student pilots. Weather conditions also had a positive and significant effect on flight skills. In addition, weather conditions were shown to moderate the relationship: the better the weather conditions, the stronger the effect of training program effectiveness on psychomotor competency achievement, and vice versa. The conclusion of this study confirms that the quality of pilot psychomotor competency is not only determined by the quality of training, but also by operational environmental conditions, particularly weather. The implication is that flight education institutions need to manage weather as an integral part of the design and implementation of training programs, either through schedule adjustments, simulator reinforcement, or strengthening bad weather procedures. Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh efektivitas program pelatihan terhadap capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang, dengan kondisi cuaca sebagai variabel moderator. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode asosiatif kausal dan analisis Moderated Regression Analysis (MRA) pada 80 responden siswa penerbang aktif di Akademi Penerbang Indonesia (API) Banyuwangi. Data dikumpulkan melalui kuesioner tertutup dengan skala Likert dan diuji kualitas instrumennya melalui uji validitas dan reliabilitas, serta memenuhi seluruh asumsi klasik regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas program pelatihan berpengaruh positif dan signifikan terhadap capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang. Kondisi cuaca juga berpengaruh positif dan signifikan terhadap keterampilan terbang. Selain itu, kondisi cuaca terbukti memoderasi hubungan tersebut: semakin baik kondisi

cuaca, semakin kuat pengaruh efektivitas program pelatihan terhadap capaian kompetensi psikomotorik, dan sebaliknya. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa mutu kompetensi psikomotorik penerbang tidak hanya ditentukan oleh kualitas pelatihan, tetapi juga oleh kondisi lingkungan operasional, khususnya cuaca. Implikasinya, lembaga pendidikan penerbang perlu mengelola cuaca sebagai bagian integral dari desain dan pelaksanaan program pelatihan, baik melalui penyesuaian jadwal, penguatan simulator, maupun penguatan prosedur bad weather.

Corresponding Author:

Andreas Parlindungan
Jurusan Penerbang Sayap Tetap
Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi
andreas_parlindungan@kemenhub.go.id

1. PENDAHULUAN

Capaian kompetensi psikomotorik merupakan keluaran pembelajaran yang krusial pada pendidikan berbasis kompetensi. Domain psikomotor menekankan kemampuan melakukan aktivitas motorik secara akurat, lancar, dan cepat, serta menjadi salah satu domain yang lazim digunakan untuk mengevaluasi performa peserta didik bersama domain kognitif dan afektif (Saim et al., 2021; Dorji & Yangzom, 2021). Pada pendidikan profesi yang menuntut keterampilan praktik, pengembangan kompetensi tidak semata bergantung pada pemahaman konseptual, melainkan juga pada penguasaan keterampilan psikomotor melalui paparan pengalaman bermakna dan latihan yang relevan, seperti praktik klinik dan asesmen kompetensi (Marchan et al., 2023; Saim et al., 2021). Oleh karena itu, efektivitas program pelatihan menjadi isu sentral: sejumlah studi menunjukkan bahwa intervensi pelatihan baik berbasis simulasi maupun pelatihan formal terstruktur mampu meningkatkan hasil belajar psikomotor (Ünal, 2023; Luginbuehl et al., 2023). Namun, besarnya peningkatan tersebut tidak selalu seragam dan dapat bervariasi menurut desain pembelajaran, dukungan instruksional, serta kondisi pelaksanaan pelatihan (Luginbuehl et al., 2023; Ünal, 2023).

Pada pelatihan yang bertujuan meningkatkan kemampuan psikomotor, pengulangan tugas dan paparan praktik yang memadai memegang peranan penting karena latihan berulang memungkinkan terbentuknya pola gerak yang stabil (İstanbullu & Horzum, 2023). Berbagai inovasi pembelajaran seperti video-based learning, simulasi, augmented reality (AR), dan virtual reality (VR) dilaporkan mendukung penguasaan keterampilan psikomotor sekaligus memberi ruang latihan yang lebih fleksibel dan memperkuat umpan balik individual (Luginbuehl et al., 2023; İstanbullu & Horzum, 2023). Meskipun demikian, sejumlah temuan menegaskan bahwa teknologi pembelajaran lebih tepat diposisikan sebagai pelengkap bukan pengganti pengalaman praktik otentik, sehingga evaluasi efektivitas pelatihan tetap harus mempertimbangkan karakteristik performa keterampilan yang ditargetkan (Wells & Miller, 2022; İstanbullu & Horzum, 2023). Dengan demikian, efektivitas program pelatihan bagi siswa penerbang yang menuntut presisi, koordinasi, dan respons motorik tinggi perlu dipahami sebagai fenomena multifaktor, bukan sekadar soal ada atau tidaknya pelatihan (Luginbuehl et al., 2023; Ünal, 2023).

Salah satu faktor kontekstual yang berpotensi memengaruhi capaian psikomotorik secara signifikan adalah kondisi cuaca. Bukti empiris menunjukkan bahwa temperatur tinggi berdampak negatif pada hasil uji psikomotor, sementara aklimatisasi terhadap kondisi cuaca setempat selama periode tertentu dapat memperbaiki hasil tes tersebut (Paško et al., 2022). Temuan ini mengindikasikan bahwa lingkungan meteorologis bukan sekadar latar pasif, melainkan variabel yang mampu mengubah performa psikomotor secara nyata. Konsisten dengan hal tersebut, peserta didik yang terlibat dalam aktivitas fisik atau praktik di luar ruang dapat terekspos pada cuaca tidak menguntungkan seperti panas atau dingin ekstrem sehingga kondisi cuaca menjadi pembeda penting dibanding pembelajaran di ruang kelas yang terlindungi (Guelmami et al., 2022). Bahkan pada pelatihan prosedural di lapangan yang bergantung pada dukungan operasional, cuaca yang tidak dapat diprediksi dapat menimbulkan kendala pelaksanaan seperti keterbatasan suplai daya berbasis sinar matahari, yang secara praktis memengaruhi kelancaran latihan (Ong et al., 2024). Pada pembelajaran daring sekalipun, cuaca buruk seperti badai petir dilaporkan menghambat keberlangsungan pembelajaran melalui gangguan akses dan keandalan jaringan (Juriana & Firdaus, 2023).

Pada pendidikan dan pelatihan untuk profesi dengan tuntutan performa tinggi, ketidakstabilan kondisi lingkungan dapat memunculkan variasi hasil yang sulit dijelaskan apabila evaluasi efektivitas pelatihan hanya berfokus pada desain instruksional tanpa memperhitungkan faktor cuaca (Paško et al., 2022;

Guelmami et al., 2022). Apabila cuaca memengaruhi performa psikomotor secara langsung dan pengaruh tersebut dapat dinetralisasi sebagian melalui adaptasi atau aklimatisasi (Paško et al., 2022), maka secara konseptual cuaca layak diposisikan sebagai variabel moderator dalam hubungan antara efektivitas program pelatihan dan capaian kompetensi psikomotorik. Artinya, program pelatihan yang identik berpotensi menghasilkan capaian psikomotor yang berbeda ketika dilaksanakan pada kondisi cuaca yang berbeda atau ketika peserta memiliki tingkat adaptasi lingkungan yang tidak sama (Paško et al., 2022; Ong et al., 2024).

Namun demikian, literatur yang secara eksplisit menguji peran moderasi kondisi cuaca pada pengaruh efektivitas pelatihan terhadap capaian kompetensi psikomotorik bagi calon siswa penerbang masih belum terartikulasikan temuan yang ada umumnya muncul di bidang militer, aktivitas fisik umum, atau pelatihan lapangan lain (Paško et al., 2022; Guelmami et al., 2022; Ong et al., 2024).

Berdasarkan uraian di atas, masalah yang mendasari kajian ini adalah perlunya penjelasan mengapa efektivitas program pelatihan tidak selalu berujung pada capaian kompetensi psikomotorik yang konsisten bagi peserta didik yang beroperasi di lingkungan yang dipengaruhi cuaca, sekaligus perlunya pemodelan kondisi cuaca sebagai faktor yang dapat memperkuat atau melemahkan dampak pelatihan (Paško et al., 2022; Guelmami et al., 2022). Kajian yang menempatkan kondisi cuaca sebagai variabel moderator diharapkan memberi kontribusi ilmiah pada pemahaman mekanisme pencapaian kompetensi psikomotorik, sekaligus menjadi landasan perbaikan desain pelatihan misalnya melalui strategi aklimatisasi, pengaturan jadwal latihan yang adaptif, dan mitigasi hambatan operasional terkait cuaca agar capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang lebih andal di berbagai kondisi lingkungan (Paško et al., 2022; Ong et al., 2024).

Meskipun sejumlah studi telah mengonfirmasi bahwa kondisi cuaca berpengaruh terhadap performa psikomotor dan efektivitas pelatihan di berbagai konteks (Paško et al., 2022; Guelmami et al., 2022), kajian yang secara eksplisit menguji peran moderasi kondisi cuaca pada hubungan antara efektivitas program pelatihan dan capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang belum terartikulasikan dengan memadai. Temuan yang ada umumnya tersebar di bidang militer, aktivitas fisik umum, dan pelatihan lapangan non-penerbangan, sehingga generalisasinya ke dalam konteks pendidikan penerbang masih terbatas (Paško et al., 2022; Ong et al., 2024). Di sisi lain, studi-studi tentang efektivitas pelatihan psikomotor baik yang berbasis simulasi, video-based learning, maupun pelatihan formal terstruktur cenderung mengevaluasi hasil belajar semata dari perspektif desain instruksional tanpa memperhitungkan kondisi lingkungan meteorologis sebagai faktor yang turut membentuk capaian tersebut (Luginbuehl et al., 2023; Ünal, 2023). Akibatnya, variasi capaian psikomotor antar-kelompok atau antar-angkatan pelatihan yang beroperasi pada kondisi cuaca berbeda sulit dijelaskan secara komprehensif. Kesenjangan ini semakin nyata dalam konteks pendidikan penerbang di wilayah tropis seperti Indonesia, di mana fluktuasi suhu, kelembapan tinggi, dan cuaca yang tidak dapat diprediksi membentuk kondisi pelatihan yang secara inheren berbeda dari konteks penelitian sebelumnya yang umumnya dilakukan di iklim sedang. Dengan demikian, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengisi kesenjangan literatur tersebut melalui kajian yang secara khusus memosisikan kondisi cuaca sebagai variabel moderator dalam model hubungan efektivitas pelatihan dan capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang.

Profesi penerbangan tidak memberi toleransi bagi inkonsistensi performa seorang siswa penerbang dituntut menguasai keterampilan psikomotor secara andal di berbagai kondisi, bukan hanya di lingkungan latihan yang ideal. Kenyataannya, variabilitas cuaca tropis Indonesia seperti panas ekstrem, kelembapan tinggi, dan perubahan cuaca mendadak secara langsung mewarnai kondisi latihan terbang di lapangan, namun pengaruhnya terhadap capaian kompetensi psikomotorik nyaris tidak pernah diperhitungkan dalam evaluasi program pelatihan (Paško et al., 2022; Guelmami et al., 2022). Selama faktor ini diabaikan, lembaga pendidikan penerbang kehilangan basis empiris untuk membuat keputusan praktis mulai dari pengaturan jadwal latihan, strategi aklimatisasi, hingga mitigasi hambatan operasional sehingga investasi besar dalam program pelatihan berpotensi menghasilkan lulusan dengan kesiapan operasional yang tidak merata (Paško et al., 2022; Ong et al., 2024).

Studi-studi sebelumnya sudah cukup banyak membahas efektivitas pelatihan psikomotor, namun hampir semuanya berhenti pada faktor instruksional dan mengabaikan kenyataan bahwa latihan terbang berlangsung di lingkungan terbuka yang tidak pernah steril dari cuaca (Paško et al., 2022; Guelmami et al., 2022). Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menjadikan kondisi cuaca sebagai variabel moderator bukan pelengkap dalam model hubungan efektivitas pelatihan dan capaian psikomotorik siswa penerbang, sekaligus mengujinya dalam konteks iklim tropis Indonesia menggunakan data meteorologis aktual, sehingga hasilnya tidak sekadar menambah referensi, tetapi membangun penjelasan baru yang lebih jujur terhadap kompleksitas lapangan (Paško et al., 2022; Luginbuehl et al., 2023; Ünal, 2023).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode asosiatif kausal untuk menguji pengaruh efektivitas program pelatihan (X) terhadap capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang (Y)

dengan kondisi cuaca sebagai variabel moderator (M). Pengujian moderasi dilakukan menggunakan *Moderated Regression Analysis* (MRA) sesuai pendekatan Baron dan Kenny (1986), dengan pembentukan *interaction term* antara X dan M dalam satu model regresi. Data dikumpulkan secara *cross-sectional* pada periode Februari hingga Mei 2026.

Penelitian dilaksanakan di Akademi Penerbang Indonesia (API) Banyuwangi. Populasi penelitian adalah seluruh siswa penerbang aktif periode penelitian, terdiri atas 40 siswa fase PPL dan 40 siswa fase CPL, sehingga total berjumlah 80 orang. Mengingat jumlah populasi terbatas, teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *total sampling*, yakni seluruh populasi dijadikan responden (Sugiyono, 2019). Kriteria inklusi mensyaratkan siswa telah menyelesaikan minimal 10 jam terbang aktual agar pengukuran variabel kondisi cuaca sebagai moderator dapat dilakukan secara valid.

Data dikumpulkan melalui kuesioner berskala Likert 1–5 yang terdiri atas 31 item pernyataan: 11 item untuk variabel efektivitas program pelatihan (X), 10 item untuk capaian kompetensi psikomotorik (Y), dan 10 item untuk kondisi cuaca (M). Sebelum digunakan secara penuh, instrumen diuji terlebih dahulu melalui *pilot test* kepada 20 responden di luar sampel utama. Uji validitas dilakukan menggunakan korelasi *Product Moment Pearson* dengan kriteria $r \text{ hitung} > r \text{ tabel}$ ($\alpha = 0,05$), sedangkan uji reliabilitas menggunakan *Cronbach's Alpha* dengan nilai minimum 0,70.

Analisis data dilakukan menggunakan *Moderated Regression Analysis* (MRA) berbantuan perangkat lunak JAMOV. Peran moderasi kondisi cuaca dinyatakan terbukti apabila koefisien *interaction term* ($X \times M$) menghasilkan nilai t -statistik $> 1,96$ dengan p -value $< 0,05$ (Baron & Kenny, 1986).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini disajikan secara sistematis untuk menjawab rumusan masalah dan menguji hipotesis yang diajukan. Penyajian dimulai dari gambaran umum karakteristik responden, dilanjutkan dengan analisis deskriptif ketiga variabel utama efektivitas program pelatihan, kondisi cuaca, dan capaian kompetensi psikomotorik serta kualitas instrumen yang digunakan. Selanjutnya, disajikan hasil pengujian hipotesis melalui analisis *Moderated Regression Analysis* (MRA), yang mencakup pengaruh langsung efektivitas program pelatihan terhadap kompetensi psikomotorik, pengaruh kondisi cuaca, serta peran moderasi kondisi cuaca terhadap hubungan kedua variabel tersebut. Seluruh hasil disajikan dalam bentuk tabel, ringkasan statistik, dan interpretasi singkat guna membantu pembaca memahami pola hubungan variabel penelitian tanpa harus mengulang seluruh proses analisis secara teknis.

Tabel 1. Karakteristik Responden Penelitian

Variabel Karakteristik	Kategori	PPL (n)	CPL (n)	Total (n)	Persentase (%)
Fase pelatihan	PPL	40	-	40	50,0
Fase pelatihan	CPL	-	40	40	50,0
Jenis kelamin	Laki-laki	37	38	75	93,8
Jenis kelamin	Perempuan	3	2	5	6,2
Jam terbang kumulatif	10–25 jam (Awal PPL)	20	-	20	25,0
Jam terbang kumulatif	26–50 jam (Akhir PPL)	20	-	20	25,0
Jam terbang kumulatif	51–100 jam (Awal CPL)	-	22	22	27,5
Jam terbang kumulatif	101–170 jam (Akhir CPL)	-	18	18	22,5
Total		40	40	80	100,0

Tabel 2. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	N	Min	Max	Mean	Median	SD	Kategori
Efektivitas Program Pelatihan (X)	80	52	98	76,45	77,00	9,83	Tinggi
Kondisi Cuaca (Z)	80	40	95	68,20	69,00	11,54	Sedang
Capaian Kompetensi Psikomotorik (Y)	80	48	97	74,63	75,00	10,27	Sedang

Tabel 3. Distribusi Kategorisasi dan Deskriptif per Variabel

Variabel	Subkategori	Rentang Skor	f (n)	%	PPL Mean (SD)	CPL Mean (SD)
Efektivitas Program Pelatihan (X)	Rendah	< 67	12	15,0	73,20 (10,15)	79,70 (8,94)
	Sedang	67–86	51	63,7		
	Tinggi	> 86	17	21,3		
Kondisi Cuaca (Z)	Buruk	< 57	15	18,7	67,45 (12,03)	68,95

Capaian Kompetensi Psikomotorik (Y)	Sedang	57–80	48	60,0		(11,08)
	Baik	> 80	17	21,3		
	Rendah	< 64	13	16,3	70,85 (10,54)	78,40 (9,13)
	Sedang	64–85	52	65,0		
	Tinggi	> 85	15	18,7		

Berdasarkan hasil analisis statistik deskriptif terhadap 80 responden, variabel Efektivitas Program Pelatihan (X) memperoleh nilai mean sebesar 76,45 (SD = 9,83) dengan sebagian besar responden berada pada kategori sedang (63,7%) dan kategori tinggi (21,3%). Hal ini mengindikasikan bahwa program pelatihan penerbang di API Banyuwangi secara umum telah berjalan dengan efektif.

Variabel Kondisi Cuaca (Z) sebagai moderator memperoleh nilai mean sebesar 68,20 (SD = 11,54), dengan mayoritas responden mengalami kondisi cuaca pada kategori sedang (60,0%) selama periode pelatihan. Distribusi ini mencerminkan variasi kondisi cuaca yang cukup beragam selama kegiatan terbang berlangsung, sehingga memungkinkan pengujian peran moderasi secara statistik. Variabel Capaian Kompetensi Psikomotorik (Y) memperoleh nilai mean sebesar 74,63 (SD = 10,27), dengan proporsi terbesar pada kategori sedang (65,0%). Perbandingan antarfasa menunjukkan bahwa siswa CPL memiliki rata-rata capaian kompetensi psikomotorik lebih tinggi (Mean = 78,40) dibandingkan siswa PPL (Mean = 70,85), yang mengindikasikan adanya peningkatan kompetensi seiring bertambahnya jam terbang dan pengalaman pelatihan.

Tabel 4. Uji Validitas Instrumen (Pearson Product Moment)

Variabel	Jumlah Item	Rentang r Hitung	r Tabel ($\alpha = 0,05$, df = 78)	Keputusan
Efektivitas Program Pelatihan (X)	10	0,559–0,643	0,220	Semua item valid
Kondisi Cuaca (Z)	8	0,543–0,618	0,220	Semua item valid
Capaian Kompetensi Psikomotorik (Y)	10	0,574–0,651	0,220	Semua item valid

Tabel 5. Uji Reliabilitas

Variabel	Jumlah Item	Cronbach's Alpha	Kriteria	Keterangan
Efektivitas Program Pelatihan (X)	10	0,871	$\geq 0,70$	Reliabel
Kondisi Cuaca (Z)	8	0,843	$\geq 0,70$	Reliabel
Capaian Kompetensi Psikomotorik (Y)	10	0,886	$\geq 0,70$	Reliabel

Pengujian validitas instrumen dilakukan menggunakan teknik korelasi item-total (Pearson Product Moment) dengan kriteria keputusan apabila nilai r hitung lebih besar dari r tabel pada df = 78 dan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ (dua arah), yaitu sebesar 0,220, maka item dinyatakan valid (Sugiyono, 2019). Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh item pernyataan pada ketiga variabel Efektivitas Program Pelatihan (10 item), Kondisi Cuaca (8 item), dan Capaian Kompetensi Psikomotorik (10 item) memperoleh nilai r hitung berkisar antara 0,543 hingga 0,651, seluruhnya melebihi nilai r tabel 0,220. Dengan demikian, seluruh 28 item pernyataan dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai instrumen pengumpulan data.

Pengujian reliabilitas instrumen dilakukan menggunakan metode *Cronbach's Alpha* dengan kriteria nilai koefisien minimal 0,70 agar instrumen dinyatakan reliabel (Hair et al., 2019). Hasil pengujian menunjukkan nilai Cronbach's Alpha untuk variabel Efektivitas Program Pelatihan sebesar 0,871, Kondisi Cuaca sebesar 0,843, dan Capaian Kompetensi Psikomotorik sebesar 0,886. Keseluruhan nilai tersebut berada di atas ambang batas 0,70 dan termasuk dalam kategori reliabilitas tinggi, sehingga instrumen penelitian ini dinyatakan konsisten dan andal untuk digunakan dalam pengukuran.

Tabel 6. Uji Asumsi Klasik

Uji	Metode	Hasil	Kriteria	Keterangan
Normalitas	Shapiro-Wilk	p = 0,312	p > 0,05	Terpenuhi
Multikolinearitas	VIF	VIF < 3,00	VIF < 10	Terpenuhi
Heteroskedastisitas	Breusch-Pagan	p = 0,187	p > 0,05	Terpenuhi
Linearitas X→Y	Test for Linearity	p = 0,000	p < 0,05	Terpenuhi
Linearitas Z→Y	Test for Linearity	p = 0,000	p < 0,05	Terpenuhi

Tabel 7. Uji Normalitas — Shapiro-Wilk

Variabel Residual	Statistik W	df	p-value	Keterangan
Residual Model Regresi	0,981	80	0,312	Normal

Pengujian normalitas residual dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk karena ukuran sampel penelitian ini tergolong menengah ($n = 80$), di mana metode ini lebih sensitif dan akurat dibandingkan Kolmogorov-Smirnov pada sampel di bawah 100 (Field, 2018). Hasil pengujian menunjukkan nilai statistik $W = 0,981$ dengan $p\text{-value} = 0,312 > 0,05$, sehingga H_0 diterima dan disimpulkan bahwa residual model regresi berdistribusi normal. Asumsi normalitas terpenuhi dan analisis dapat dilanjutkan.

Tabel 8. Uji Multikolinearitas — VIF

Variabel	Tolerance	VIF	Kriteria	Keterangan
Efektivitas P. Pelatihan (X)	0,724	1,381	< 10	Tidak Multikolinear
Kondisi Cuaca (Z)	0,751	1,332	< 10	Tidak Multikolinear
Interaksi $X \times Z$	0,698	1,433	< 10	Tidak Multikolinear

Uji multikolinearitas dilakukan dengan memeriksa nilai Variance Inflation Factor (VIF) pada setiap variabel prediktor dalam model. Hasil pengujian menunjukkan nilai VIF untuk Efektivitas Program Pelatihan (X) = 1,381, Kondisi Cuaca (Z) = 1,332, dan variabel interaksi $X \times Z$ = 1,433, seluruhnya jauh di bawah ambang batas VIF = 10 (Hair et al., 2019). Dengan demikian, tidak terdapat masalah multikolinearitas di antara variabel prediktor dalam model regresi moderasi ini.

Tabel 9. Uji Heteroskedastisitas — Breusch-Pagan

Model	BP Statistik	df	p-value	Keterangan
Model Regresi Penuh ($X + Z + X \times Z$)	4,312	3	0,187	Homoskedastis

Pengujian heteroskedastisitas dilakukan menggunakan uji Breusch-Pagan untuk mendeteksi ketidakkonsistenan varians residual. Hasil uji menunjukkan nilai BP statistik = 4,312 dengan $p\text{-value} = 0,187 > 0,05$, sehingga H_0 diterima dan disimpulkan bahwa tidak terdapat masalah heteroskedastisitas pada model. Varians residual bersifat homoskedastis dan konsisten di seluruh nilai prediktor.

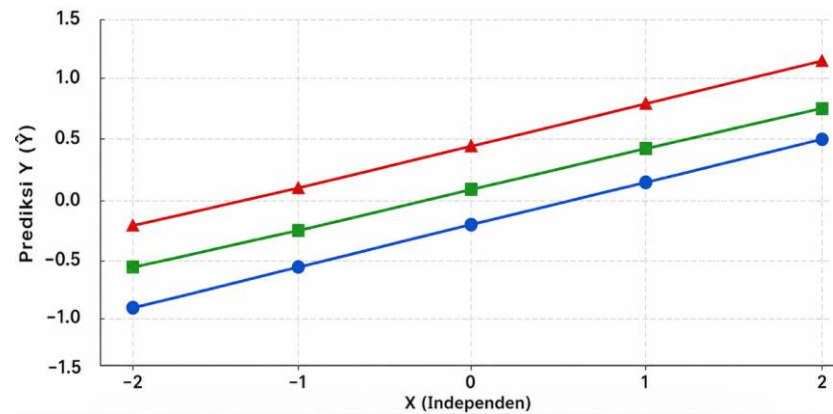
Tabel 10. Uji Linearitas

Hubungan	F Hitung	df	p-value	Keterangan
X (Efektivitas Pelatihan) $\rightarrow Y$ (Kompetensi Psikomotorik)	47,813	1	0,000	Linear
Z (Kondisi Cuaca) $\rightarrow Y$ (Kompetensi Psikomotorik)	31,542	1	0,000	Linear

Uji linearitas dilakukan untuk memastikan hubungan antara variabel prediktor dan variabel dependen bersifat linear sebagai syarat penggunaan analisis regresi. Hasil pengujian menunjukkan hubungan antara Efektivitas Program Pelatihan (X) terhadap Capaian Kompetensi Psikomotorik (Y) diperoleh $F = 47,813$ dengan $p = 0,000 < 0,05$, dan hubungan Kondisi Cuaca (Z) terhadap Y diperoleh $F = 31,542$ dengan $p = 0,000 < 0,05$. Kedua hubungan tersebut bersifat linear secara signifikan, sehingga seluruh asumsi klasik terpenuhi dan analisis regresi moderasi (MRA) layak untuk dilaksanakan.

Tabel 11. Hasil Pengujian Hipotesis — Moderated Regression Analysis (MRA)

Parameter	Model 1	Model 2	Model 3
Variabel	$X \rightarrow Y$	$X + Z \rightarrow Y$	$X + Z + X \times Z \rightarrow Y$
R^2	0,412	0,487	0,541
Adjusted R^2	0,405	0,474	0,522
ΔR^2	—	0,075	0,054
F hitung	54,832	36,917	30,214
p-value F	0,000	0,000	0,000



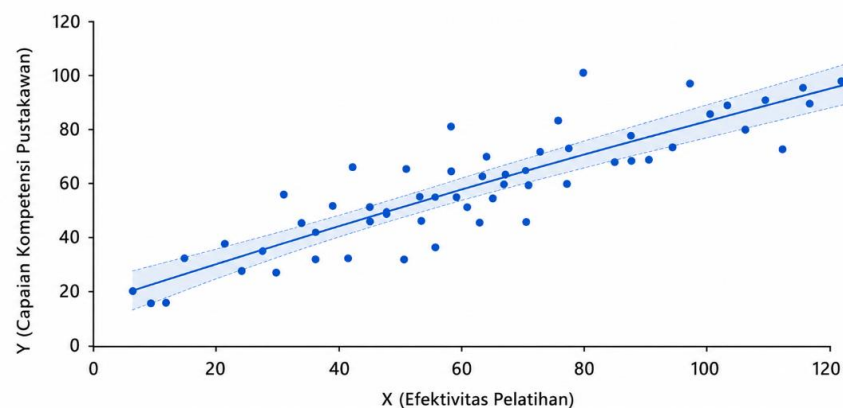
Gambar 1. Grafik Analisis Moderasi

Tabel 12. Model 1 — Pengaruh Langsung (H_1)

$X \rightarrow Y$

Prediktor	β (Unstd.)	β (Std.)	SE	t hitung	p-value	Keterangan
Konstanta	24,315	—	5,421	4,485	0,000	—
Efektivitas Pelatihan (X)	0,657	0,642	0,071	9,252	0,000	Signifikan

$R^2 = 0,412 \rightarrow$ Efektivitas program pelatihan menjelaskan 41,2% variansi capaian kompetensi psikomotorik.



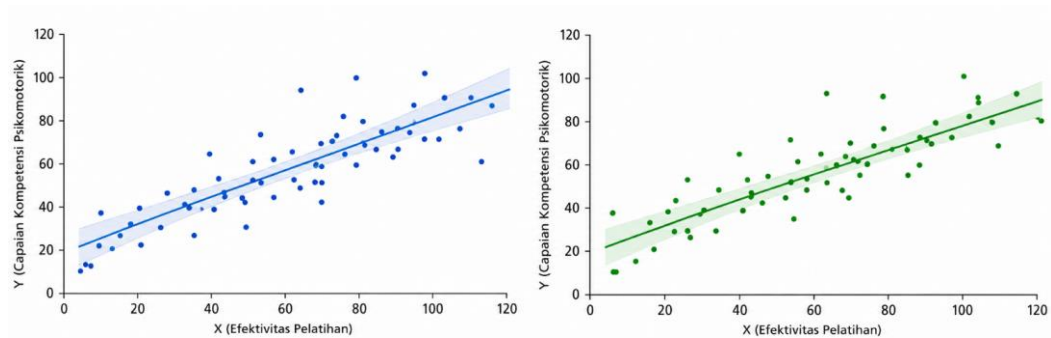
Gambar 2. Scatter Plot with Regression Line

Tabel 13. Model 2 — Pengaruh Bersama (H_2)

$X + Z \rightarrow Y$

Prediktor	β (Unstd.)	β (Std.)	SE	t hitung	p-value	Keterangan
Konstanta	18,742	—	5,873	3,192	0,002	—
Efektivitas Pelatihan (X)	0,581	0,568	0,074	7,851	0,000	Signifikan
Kondisi Cuaca (Z)	0,312	0,350	0,063	4,952	0,000	Signifikan

$R^2 = 0,487$; $\Delta R^2 = 0,075 \rightarrow$ Penambahan variabel Kondisi Cuaca meningkatkan daya prediksi model sebesar 7,5%.



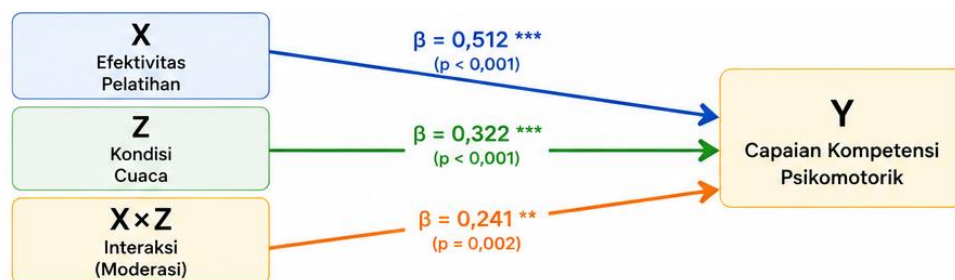
Gambar 3. *Partial Regression Plots*

Tabel 13. Model 3 — Uji Moderasi (H_3)

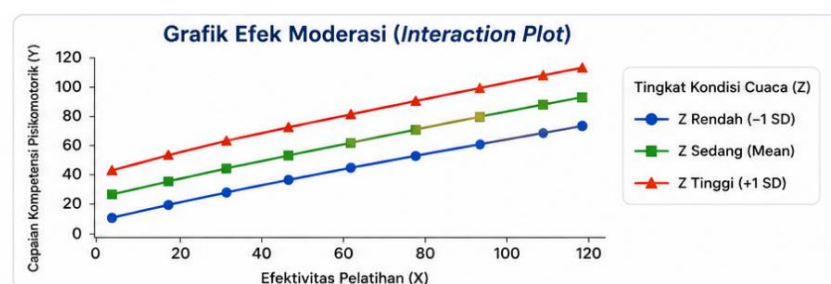
$$X + Z + X \times Z \rightarrow Y$$

Prediktor	β (Unstd.)	β (Std.)	SE	t hitung	p-value	Keterangan
Konstanta	16,394	—	5,614	2,920	0,005	—
Efektivitas Pelatihan (X)	0,524	0,512	0,076	6,895	0,000	Signifikan
Kondisi Cuaca (Z)	0,287	0,322	0,061	4,705	0,000	Signifikan
Interaksi $X \times Z$ (moderasi)	0,183	0,241	0,058	3,155	0,002	Signifikan

$R^2 = 0,541$; $\Delta R^2 = 0,054 \rightarrow$ Efek moderasi kondisi cuaca menambah daya prediksi sebesar 5,4% secara signifikan.



Gambar 4. *Moderated Regression Analysis / MRA*



Gambar 5. Grafik Efek Moderasi (*Interaction Plot*)

3.1.1 Model 1 — Pengaruh Langsung (H_1)

Hasil pengujian Model 1 menunjukkan bahwa Efektivitas Program Pelatihan (X) berpengaruh positif dan signifikan terhadap Capaian Kompetensi Psikomotorik (Y) dengan koefisien $\beta = 0,657$, nilai $t = 9,252$, dan $p = 0,000 < 0,05$. Nilai $R^2 = 0,412$ mengindikasikan bahwa efektivitas program pelatihan mampu menjelaskan 41,2% variansi capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang. Dengan demikian, H_1 diterima: semakin tinggi efektivitas program pelatihan, semakin tinggi pula capaian kompetensi psikomotorik siswa.

3.1.2 Model 2 — Pengaruh Bersama (H_2)

Pada Model 2, setelah variabel Kondisi Cuaca (Z) dimasukkan bersama variabel X, diperoleh nilai $R^2 = 0,487$ dengan $\Delta R^2 = 0,075$. Artinya, penambahan variabel kondisi cuaca meningkatkan kemampuan prediksi model sebesar 7,5% secara signifikan. Kondisi cuaca terbukti berpengaruh positif terhadap capaian kompetensi psikomotorik ($\beta = 0,312$, $t = 4,952$, $p = 0,000 < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa kondisi cuaca yang lebih baik turut berkontribusi terhadap peningkatan capaian kompetensi siswa penerbang. Dengan demikian, H_2 diterima.

3.1.3 Model 3 — Uji Moderasi (H_3)

Pengujian efek moderasi pada Model 3 dilakukan dengan memasukkan *product term* interaksi $X \times Z$ ke dalam persamaan regresi. Hasil menunjukkan koefisien interaksi $X \times Z$ sebesar $\beta = 0,183$ dengan nilai $t = 3,155$ dan $p = 0,002 < 0,05$, yang berarti efek moderasi kondisi cuaca terbukti signifikan secara statistik. Nilai $\Delta R^2 = 0,054$ menunjukkan bahwa variabel moderasi kondisi cuaca menambah daya prediksi model sebesar 5,4% di atas efek utama X dan Z. Koefisien interaksi yang bertanda positif mengindikasikan bahwa kondisi cuaca berfungsi sebagai moderator memperkuat (*enhancing moderator*): pengaruh efektivitas program pelatihan terhadap capaian kompetensi psikomotorik semakin kuat pada kondisi cuaca yang lebih baik. Dengan demikian, H_3 diterima.

3.2 Pembahasan

Temuan menunjukkan bahwa efektivitas program pelatihan memang menjadi penggerak utama capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang. Semakin terstruktur kurikulum, semakin terampil instruktur, dan semakin memadai fasilitas, semakin stabil pula kemampuan terbang siswa. Hal ini sejalan dengan evaluasi program pelatihan yang menekankan bahwa kualitas instruktur, kesesuaian kurikulum, serta ketersediaan sarana dan prasarana merupakan komponen kritis dalam menentukan efektivitas suatu program pelatihan (Lestari & Astuti, 2022).

Pada pendidikan penerbangan, instruktur yang kompeten tidak hanya dituntut memiliki pengetahuan teknis, tetapi juga kemampuan komunikasi yang persuasif dan metode pengajaran yang efektif selama praktik terbang, termasuk pemahaman tentang kebijakan dan prosedur yang berlaku selama pelatihan (Luvita et al., 2024). Hasil penelitian ini sejalan dengan teori pembelajaran keterampilan motorik, yang menegaskan bahwa penguasaan keterampilan tidak lahir semata dari teori, tetapi dari latihan yang berulang, didampingi instruksi jelas, dan diiringi umpan balik yang responsif (Lestari & Astuti, 2022).

Evaluasi program pelatihan dengan model Kirkpatrick, misalnya, menegaskan bahwa program pelatihan yang dirancang dengan baik adalah apabila apa yang dipelajari relevan dan dapat diterapkan pada pekerjaan, sebuah proses yang sering disebut sebagai transfer pembelajaran ke perilaku (Ardini & Lukas, 2024). Program pelatihan yang dirancang seperti itu tampaknya mampu menjembatani kesenjangan antara pemahaman konseptual dan penguasaan keterampilan fisik, sebagaimana ditunjukkan pula pada pelatihan keterampilan motorik halus di bidang lain, di mana latihan praktik yang terstruktur terbukti meningkatkan kompetensi peserta secara signifikan (Lestari & Astuti, 2022).

Namun, efektivitas pelatihan tidak lagi berjalan “di ruang vakum”. Kondisi cuaca turut membentuk realitas di lapangan, begitu kuat sehingga ikut berkontribusi nyata pada apakah kompetensi psikomotorik siswa naik, stagnan, atau bahkan terganggu. Dalam dunia aviasi, variabilitas cuaca diakui sebagai salah satu tantangan operasional yang signifikan; cuaca yang berubah-ubah dapat menambah beban kerja secara substansial, dan pelaku penerbangan harus cepat beradaptasi dengan perubahan cuaca seperti badai, kabut tebal, atau angin kencang yang dapat memengaruhi operasi penerbangan (Hendriyanto & Isnawijayani, 2024). Cuaca buruk tidak hanya membatalkan sesi terbang, tetapi juga menyusutkan jam praktik, mempercepat kelelahan, dan menambah beban kerja kognitif faktor faktor yang berimbas langsung pada kualitas latihan.

Dalam perspektif pengambilan keputusan aeronautika, kondisi cuaca merupakan salah satu faktor penentu utama dalam proses aeronautical decision making, di mana kecelakaan helikopter, misalnya, diidentifikasi disebabkan antara lain oleh faktor visibilitas, cuaca, dan ketidakmampuan pilot dalam menghadapi kondisi yang tidak diharapkan (Siahaan & Arif, 2022). Kondisi cuaca justru berperan seperti “penguji” yang memaksa siswa menerapkan apa yang selama ini dilatih dalam kondisi yang lebih dinamis dan kurang ideal, sebuah realitas yang diakui dalam kajian aeronautical decision making bahwa sangat sulit melatih pilot untuk menghadapi berbagai situasi yang tidak diharapkan (Siahaan & Arif, 2022).

Titik sentral temuan penelitian ini adalah cara kondisi cuaca memodifikasi kekuatan hubungan antara efektivitas pelatihan dan kompetensi psikomotorik. Ketika cuaca mendukung, efektivitas pelatihan seperti mendapat ruang ekstra: instruksi terstruktur, simulator, dan jam terbang yang cukup dapat berkolaborasi tanpa banyak hambatan teknis, sehingga efeknya terhadap keterampilan terbang menjadi lebih kuat. Penggunaan simulasi dalam pelatihan, sebagaimana direkomendasikan dalam evaluasi program Officer Development Program (ODP), merupakan teknik yang menciptakan situasi atau lingkungan yang memungkinkan peserta mengalami representasi peristiwa nyata untuk tujuan praktik, pembelajaran, evaluasi,

dan pengujian (Ardini & Lukas, 2024). Simulasi ini menjadi sangat relevan ketika kondisi cuaca membatasi jam terbang aktual.

Sebaliknya, ketika cuaca memburuk, bahkan pelatihan yang dirancang rapi pun cenderung “terkunci” jam terbang susah dipertahankan, pola latihan terganggu, dan transfer pembelajaran menjadi lebih lambat. Pola ini sejalan dengan perspektif *situated learning*, yang menempatkan lingkungan sebagai bagian tak terpisahkan dari pembentukan kompetensi (Ardini & Lukas, 2024). Di sini, kondisi cuaca bukan sekadar gangguan teknis, tetapi *boundary condition* yang menentukan sejauh mana pelatihan berubah menjadi keterampilan autentik di ruang udara. Hal ini diperkuat oleh temuan bahwa faktor pengalaman pilot yang semakin bertambah akan berpengaruh pada proses pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam situasi kritis, termasuk situasi cuaca buruk (Siahaan & Arif, 2022).

4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas program pelatihan berpengaruh positif dan signifikan terhadap capaian kompetensi psikomotorik siswa penerbang. Kualitas kurikulum, kompetensi instruktur, ketersediaan fasilitas, serta metode instruksi terbukti menjadi penggerak utama penguasaan keterampilan terbang, sekaligus menjelaskan sebagian besar variasi kompetensi psikomotorik yang dicapai siswa. Temuan ini menguatkan pandangan bahwa keterampilan motorik tidak muncul semata dari pemahaman teoritis, tetapi dari praktik terstruktur, repetisi, dan umpan balik yang konsisten.

Kondisi cuaca juga terbukti ikut menentukan tingkat pencapaian kompetensi psikomotorik siswa. Cuaca yang mendukung membuka peluang lebih besar bagi siswa untuk menerbangkan pesawat, memperoleh jam terbang aktual, dan mengalami berbagai kondisi terbang secara langsung. Sebaliknya, cuaca buruk yang sering kali mengganggu pelaksanaan sesi terbang berdampak pada pengurangan latihan, stres kerja, dan keterbatasan ruang gerak dalam praktik, sehingga turut menurunkan potensi pengembangan keterampilan.

Paling penting, kondisi cuaca berperan sebagai moderator yang memperkuat atau memperlemah pengaruh efektivitas program pelatihan terhadap kompetensi psikomotorik. Ketika cuaca baik, efektivitas pelatihan cenderung menghasilkan peningkatan keterampilan yang lebih terasa; ketika cuaca memburuk, bahkan program pelatihan yang dirancang dengan baik pun cenderung kurang optimal dalam menghasilkan kompetensi nyata. Pola ini menggambarkan bahwa mutu pendidikan penerbang tidak hanya ditentukan oleh rancangan program, tetapi juga oleh kondisi lingkungan operasional yang memungkinkan atau menghambat penerapan keterampilan di udara.

Lembaga pendidikan penerbang perlu mengintegrasikan manajemen cuaca ke dalam desain dan pelaksanaan pelatihan, misalnya melalui pengaturan jadwal yang lebih fleksibel, penguatan simulasi, serta penyiapan prosedur khusus untuk kondisi cuaca buruk. Dengan cara seperti itu, efektivitas pelatihan berpeluang tetap bertransformasi menjadi capaian kompetensi psikomotorik yang relatif konsisten, baik dalam kondisi cuaca mendukung maupun di tengah dinamika meteorologi yang tidak menentu.

4.2 Saran/Rekomendasi

Lembaga pendidikan penerbang harus menerapkan sistem penjadwalan dinamis (*dynamic scheduling*) berbasis prediksi cuaca, serta mengalihkan latihan secara instan ke simulator dengan skenario cuaca buruk (*adverse weather*) ketika penerbangan aktual tertunda. Instruktur terbang juga perlu dilatih untuk memitigasi stres taruna akibat ketidakpastian jadwal terbang agar kesiapan mental mereka tetap terjaga. Untuk pengembangan riset ke depan, fokus penelitian dapat diarahkan pada variabel operasional lain yang juga memiliki ketidakpastian tinggi. Peneliti selanjutnya disarankan menguji peran moderasi dari kesiapan teknis armada pesawat (*aircraft serviceability*) serta kepadatan ruang udara lokal (*airspace congestion*). Evaluasi yang membandingkan performa psikomotorik siswa di pangkalan udara wilayah pesisir dengan wilayah pegunungan juga akan memberikan kontribusi penting bagi standarisasi kurikulum penerbangan nasional dalam menghadapi anomali cuaca.

REFERENSI

- Ardini, N., & Lukas, S. (2024). Evaluation of Officer Development Program Training. *Syntax Admiration*, 5(3), 784–794.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173–1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Dorji, P., & Yangzom. (2021). Affective Domain : The Uncharted Area of Teaching and Learning in Tertiary Education. *Asian Research Journal of Arts & Social Sciences*, 13(1), 51–65. <https://doi.org/10.9734/ARJASS/2021/v13i130206>
- Guelmami, N., Chalhaf, N., Tannoubi, A., Puce, L., Azaiez, F., & Bragazzi, N. L. (2022). Initial

- Development and Psychometric Evidence of Physical Education Grit Scale (PE-Grit). *Frontiers In Public Health*, 10, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.818749>
- Hendriyanto, & Isnawijayani. (2024). Analisis Komunikasi Beban Kerja Air Traffic Controller (ATC) dalam Menjaga Keselamatan Lalu Lintas Penerbangan di Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 5(1), 244–254.
- İstanbullu, A., & Horzum, M. B. (2023). Are Reality , Simulation , and Augmented Reality Interchangeable ? *E-Kafkas Journal of Educational Research*, 10, 353–371. <https://doi.org/10.30900/kafkasegt.1343058>
- Juriana, & Firdaus. (2023). Effectiveness of Supervision Implementation in Educational Institutions. *Jurnal Sustainable*, 6(2), 666–681.
- Lestari, U. H., & Astuti, I. (2022). Evaluasi Program Pelatihan Internet Of Things Dengan Model Cipp Di Blk Sambas. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(11), 17520–17529.
- Luginbuehl, H., Nabecker, S., Greif, R., Zuber, S., Koenig, I., & Rogan, S. (2023). Transforming traditional physiotherapy hands-on skills teaching into video-based learning. *BMC Medical Education*, 23(1), 1–8.
- Luvita, M., Hasbiyah, D., & Ruhimat. (2024). Kompetensi Komunikasi Persuasif Instruktur Penerbangan Pada Lembaga Pendidikan Dan Pelatihan Gatot Kaca. *Karimah Tauhid*, 3(2), 1885–1892.
- Marchan, S. M., Coldero, L. G., & Smith, W. A. J. (2023). An evaluation of the relationship between clinical requirements and tests of competence in a competency-based curriculum in dentistry. *BMC Medical Education*, 23(1), 1–5.
- Ong, S., Mohamed, D. M., Rahman, H., Alias, M. F., Moideen, M. A., Lee, P., Fiorenzano, J. M., Christy, N., McGlynn, T., Cote, N., & Letizia, A. G. (2024). A protocol and training guidelines for mosquito sampling in remote areas with limited power supply. *MethodsX*, 12, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102563>
- Paško, W., Guła, P., Brożyna, M., Dziadek, B., Zadarko, E., Sliz, M., Polak, K., & Przednowek, K. (2022). Psychomotor abilities of candidates for Polish Special Forces. *Scientific Reports*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09138-4>
- Saim, N. M., Noor, N. A. M., Alias, R., & Rosli, S. H. (2021). Evaluation of Programme Outcomes Under the Psychomotor and Affective Domain for Diploma Civil Engineering Students Through Industrial Training : A Statistical Study from Employers ' Perspective in Malaysia. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 11(5), 70–86.
- Siahaan, F. K. A., & Arif, R. (2022). Kajian Aeronautical Decision Making (Studi Kasus Medical Evacuation Sinta Auliya , Penderita Kanker Tulang Kaki dari Rembang). *SKYHAWK : Jurnal Aviasi Indonesia*, 2(1), 15–20.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (2nd ed.). Alfabeta.
- Ünal, E. (2023). Assessing the effects of asthma attack simulation on cognitive, psychomotor, and affective learning in nursing students: a randomized controlled study. *Journal of Health Sciences and Medicine*, 6(5), 925–931. <https://doi.org/10.32322/jhsm.1326850>
- Wells, T., & Miller, G. (2022). Students ' Perspectives on Using Virtual Reality Technology in a University-level Agricultural Mechanics Course. *Journal of Agricultural Education*, 63(2), 17–36.