

# PKM Peningkatan Kapasitas Guru SMKN 5 Barru dalam Penerapan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle sebagai Media Pembelajaran Inovatif Berbasis Pemetaan

Muhammad Ansarullah S. Tabbu<sup>a,\*</sup>, Muh. Rais Abidin<sup>b</sup>, Muhammad Fajar B.<sup>c</sup>

<sup>abc</sup>Universitas Negeri Makassar, Jl. A.P. Pettarani, Makassar 90222, Indonesia

---

## Abstract

Fokus utama program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) di SMK Negeri 5 Barru adalah meningkatkan keterampilan dan pengetahuan guru dalam penggunaan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone untuk pembelajaran pemetaan. Tujuan ini mendukung transisi metode pembelajaran dari konvensional ke modern, meningkatkan kualitas pembelajaran dan kesiapan siswa di bidang geologi dan pertambangan. Melalui metode pelatihan dan workshop, program ini melibatkan guru maupun siswa dalam pengoperasian UAV, pengumpulan dan analisis data pemetaan, dan penggunaan software pemetaan seperti ArcGIS. Hasilnya, terdapat peningkatan signifikan dalam pengetahuan dan keterampilan guru, serta peningkatan minat dan pemahaman siswa tentang pemetaan. Program ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi UAV dalam pendidikan tidak hanya memperkaya kurikulum tetapi juga mempersiapkan peserta didik dengan keterampilan yang relevan untuk industri modern.

*Keywords:* PKM, Teknologi UAV, Pemetaan, Pelatihan Guru, SMK Negeri 5 Barru

---

## 1. Pendahuluan

Integrasi teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) ke dalam lingkungan pendidikan telah muncul sebagai bidang yang sangat diminati, terutama dalam meningkatkan pengalaman belajar di sekolah kejuruan. Teknologi UAV atau yang biasa disebut sebagai drone, telah mengubah metodologi pengumpulan dan analisis data tradisional, terutama dalam lingkungan pendidikan. Transformasi ini terutama disebabkan oleh kemampuan mereka seperti pemetaan udara, pengumpulan data waktu nyata, dan penginderaan jarak jauh, yang dapat diterapkan pada berbagai bidang pendidikan, termasuk geografi, studi lingkungan, dan teknik. Hal ini terutama terlihat jelas dalam penelitian yang memanfaatkan UAV untuk aplikasi penginderaan jarak jauh, di mana mahasiswa dapat mengumpulkan data tentang perubahan ekologi, penggunaan lahan, dan dampak lingkungan secara real-time, sehingga meningkatkan pemahaman mereka tentang sistem lingkungan yang kompleks (Kamarulzaman et al., 2023; Phang, 2023). Selain itu, integrasi UAV ke dalam pendidikan teknik memberikan siswa keterampilan praktis dalam desain, pemrograman, dan pengoperasian, yang sangat penting untuk berkarier di bidang teknik modern (Lobo et al., 2021; Ragulina, 2023). Fungsi-fungsi ini memberi siswa kesempatan belajar langsung yang dapat menjembatani kesenjangan antara pengetahuan teoretis dan aplikasi praktis, mendorong pemahaman yang lebih dalam tentang konsep-konsep yang kompleks (He et al., 2019; Yepes et al., 2021).

Salah satu keunggulan utama teknologi UAV dalam dunia pendidikan adalah kemampuannya untuk menciptakan representasi digital dari realitas melalui teknik pemetaan yang canggih. Menekankan bahwa UAV memfasilitasi pembuatan model 3D dari objek konstruksi dan sekitarnya, memastikan bahwa bentuk dan ukuran geometris

---

\* Corresponding author:

E-mail address: xxxx@xxxxxx.edu

direpresentasikan secara akurat dalam kaitannya dengan dimensi dunia nyata (Gura, 2023). Kemampuan ini tidak hanya meningkatkan pengalaman belajar, tetapi juga memberikan keterampilan praktis dalam pemodelan digital dan sistem informasi geografis (GIS) kepada para siswa, yang semakin relevan di pasar kerja saat ini (Lai, 2023; Wu, 2023).

Integrasi UAV ke dalam kurikulum pendidikan juga sejalan dengan prinsip-prinsip pembelajaran berbasis pengalaman. Dengan melibatkan siswa dalam kegiatan langsung yang melibatkan operasi UAV dan analisis data, pendidik dapat menumbuhkan pemahaman yang lebih dalam tentang konsep-konsep kompleks dalam sains dan teknologi (Bolick et al., 2022; Sueda et al., 2021). Misalnya, mendiskusikan pentingnya desain dan optimasi UAV, yang dapat dimasukkan ke dalam mata kuliah teknik untuk mengajari mahasiswa tentang aerodinamika dan integritas struktural (Yang et al., 2023). Pendekatan interdisipliner semacam itu tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa tetapi juga mempersiapkan mereka untuk karier masa depan di bidang STEM (Luque-Vega et al., 2022a).

UAV dalam konteks pendidikan, memfasilitasi lingkungan belajar yang lebih interaktif dan menarik. Misalnya, menekankan integrasi teknologi UAV ke dalam kerangka kerja pendidikan, khususnya dalam pendidikan STEAM (Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika), yang menggarisbawahi perlunya memasukkan alat teknologi modern ke dalam kurikulum untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan di masa depan (AL-Dosari, 2023; Maggioni et al., 2020). Selain itu, penelitian ini menyoroti bagaimana drone telah membentuk kembali model pendidikan di era pasca-epidemi, menunjukkan bahwa penggunaan UAV dalam lingkungan pendidikan tidak hanya memperkaya kurikulum tetapi juga selaras dengan tren pedagogi kontemporer yang mendukung pembelajaran berbasis pengalaman (C. Liu, 2023).

Penerapan teknologi UAV sebagai media pembelajaran inovatif berbasis pemetaan menawarkan banyak manfaat di berbagai disiplin ilmu pendidikan. Hal ini menggarisbawahi pentingnya membekali para pendidik dengan keterampilan yang diperlukan untuk secara efektif memasukkan teknologi UAV ke dalam metodologi pengajaran mereka (DÖŞ, 2023; Hildmann & Kovács, 2019; Kaviyarasu et al., 2021). Literatur terbaru menyoroti potensi UAV untuk menjadi media pembelajaran yang inovatif, memfasilitasi pembelajaran berbasis pengalaman dan memberikan pengalaman langsung kepada siswa dalam pengumpulan dan analisis data (Bolo et al., 2019; Mugala et al., 2020; Tsouros et al., 2019). Kemampuan UAV untuk menangkap citra udara beresolusi tinggi dan melakukan tugas-tugas yang kompleks menjadikannya alat yang sangat berharga di berbagai bidang, sehingga membutuhkan kurikulum yang mempersiapkan siswa untuk karir masa depan di domain ini (Jimoh & SODIQ, 2022; L. Liu, 2020).

UAV ketika menjadi lebih umum di berbagai sektor, permintaan tenaga kerja yang terampil dalam pengoperasian dan penerapannya semakin meningkat. Hal ini membutuhkan pendekatan komprehensif untuk pelatihan guru yang mencakup keterampilan teknis dan praktik pengajaran yang inovatif (Hryshchuk et al., 2019) ((Çoban & Oktay, 2018; Hryshchuk et al., 2019). Literatur menunjukkan bahwa mengintegrasikan teknologi UAV ke dalam pendidikan kejuruan tidak hanya memperkaya kurikulum tetapi juga menyelaraskannya dengan kebutuhan industri, sehingga meningkatkan kemampuan kerja siswa (Alaa & Al-Dakkak, 2021; Sokolov et al., 2022). Maka sangat penting bagi para pendidik untuk mengintegrasikan aplikasi UAV ke dalam kurikulum mereka, mempersiapkan siswa untuk masa depan di mana teknologi dan inovasi memainkan peran penting dalam mengatasi tantangan global.

SMK Negeri 5 Barru merupakan salah satu sekolah menengah kejuruan di Kabupaten Barru yang memiliki jurusan Geologi Pertambangan. Jurusan ini bertujuan untuk mempersiapkan siswa menjadi tenaga kerja yang kompeten di bidang geologi dan pertambangan. Namun, kendala media, metodologi pembelajaran yang tradisional, serta keterbatasan keterampilan dan pengetahuan guru tentang teknologi terkini, seperti drone untuk pemetaan, menjadi penghambat utama dalam pencapaian tujuan pendidikan yang berkualitas.



**Gambar 1.** Observasi dan Wawancara dengan guru di SMK Negeri 5 Barru

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan tim dengan guru-guru SMK Negeri 5 Barru pada tanggal 7 Maret 2024, ada beberapa permasalahan yang dikemukakan oleh para guru terkait pembelajaran pemetaan di sekolah. **Permasalahan pertama** adalah sekolah masih memiliki keterbatasan dalam aspek media pembelajaran pemetaan moderen. Peralatan pemetaan yang dimiliki masih bersifat tradisional, dan belum terintegrasi dengan teknologi terkini yang dapat memberikan perspektif baru dan lebih bermakna dalam pembelajaran pemetaan. Sekolah tidak memiliki peralatan pemetaan moderen seperti drone, GPS, dan software pemetaan yang memadai. Media pembelajaran pemetaan yang ada masih terbatas pada alat-alat tradisional, seperti theodolite, kompas, dan waterpass. Hal ini menyebabkan pembelajaran pemetaan kurang aplikatif dan tidak relevan dengan dunia kerja.

**Permasalahan kedua** adalah guru-guru di jurusan Geologi Pertambangan masih kekurangan keterampilan dan pengetahuan tentang teknologi drone. Guru-guru belum pernah mengikuti pelatihan penggunaan drone untuk pemetaan serta kurangnya sumber belajar yang tersedia bagi guru untuk mempelajari drone dan penggunaannya dalam pembelajaran. Hal ini menyebabkan guru-guru tidak dapat memanfaatkan drone untuk pembelajaran pemetaan di sekolah. Selanjutnya, **permasalahan ketiga** adalah guru-guru mengalami kesulitan dalam menjelaskan konsep pemetaan abstrak kepada siswa. Guru seringkali hanya menggunakan metode pembelajaran tradisional seperti ceramah dan gambar dalam mengajar pemetaan. Hal ini menyebabkan siswa kurang memahami konsep pemetaan dan merasa bosan dalam belajar. Kurangnya penggunaan alat bantu pembelajaran yang moderen dan aplikatif seperti drone untuk menjelaskan konsep pemetaan yang abstrak kepada siswa. Hal ini menyebabkan konsep pemetaan yang abstrak sulit dipahami oleh siswa tanpa adanya visualisasi yang memadai.



**Gambar 2.** Theodolit



**Gambar 3.** Kompas



**Gambar 4.** Media peta yang digunakan dalam pembelajaran

Permasalahan tersebut menyebabkan kualitas pembelajaran pemetaan di SMK Negeri 5 Barru masih rendah. Siswa tidak dapat memahami konsep pemetaan dengan baik dan tidak memiliki keterampilan yang cukup untuk bekerja di bidang geologi pertambangan. Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengintegrasikan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone dalam proses pembelajaran di SMK Negeri 5 Barru. Teknologi ini tidak hanya akan membawa pembelajaran pemetaan ke era moderen, tetapi juga akan meningkatkan

keterampilan dan pengetahuan guru serta minat dan pemahaman siswa terhadap geologi dan pertambangan.

Berdasarkan kondisi eksisting dan permasalahan yang dihadapi oleh mitra, tujuan program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini adalah 1) meningkatkan keterampilan dan pengetahuan guru tentang penggunaan dan penerapan teknologi UAV dalam pembelajaran pemetaan, 2) memperbarui metode pembelajaran dengan integrasi teknologi moderen yang dapat membuat proses belajar mengajar lebih interaktif dan menarik, 3) memfasilitasi peningkatan media pembelajaran dengan peralatan pemetaan moderen yang mendukung penerapan teknologi UAV. Program PKM ini diharapkan dapat membantu guru-guru SMK Negeri 5 Barru dalam meningkatkan keterampilan dan pengetahuan mereka tentang penggunaan drone untuk pembelajaran pemetaan. Hal ini akan meningkatkan kualitas pembelajaran pemetaan di SMK Negeri 5 Barru dan mempersiapkan siswa untuk menjadi tenaga kerja yang kompeten di bidang geologi dan pertambangan.

Kegiatan ini sejalan dengan program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) yang memungkinkan mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman belajar yang lebih luas dan relevan dengan kebutuhan industri. Kegiatan ini akan melibatkan 5 mahasiswa yang berasal dari Program Studi Geografi. Aktivitas mahasiswa dalam kegiatan ini akan direkognisi sebanyak 6 (enam) sks mata kuliah yang berbungan dengan kegiatan ini, diantaranya Sistem Informasi Geografi (2 sks), Penginderaan Jauh Dasar (2 sks), dan Penggunaan Peta (2 sks). Selain itu, kegiatan ini berkontribusi terhadap pencapaian Indikator Kinerja Utama (IKU) Perguruan Tinggi yaitu mahasiswa memiliki pengalaman belajar di luar kampus paling sedikit 6 sks (IKU 2), meningkatkan persentase dosen yang berkegiatan tridarma dalam hal ini bekerja sebagai praktisi di dunia industri (IKU 3), meningkatkan jumlah luaran penelitian per dosen yang mendapat rekognisi internasional atau digunakan oleh industri/masyarakat/pemerintah (IKU 5).

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaporkan dalam artikel ini berkontribusi pada pencapaian Sustainable Development Goal (SDGs). Diantaranya pendidikan berkualitas (SDGs 4), pekerjaan layak (SDGs 8), industri, inovasi, dan infrastruktur (SDGs 9), dan kemitraan untuk mencapai tujuan (SDGs 17). Hal tersebut meliputi peningkatan kualitas pembelajaran di SMK Negeri 5 Barru melalui penggunaan teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone. Inisiatif ini dirancang untuk memperkuat kompetensi pembelajaran di bidang geologi dan pertambangan yang merupakan spesialisasi dari sekolah tersebut dalam mempersiapkan siswa untuk menjadi tenaga kerja yang kompeten (SDGs 4). Mempersiapkan siswa SMK Negeri 5 Barru untuk pasar kerja masa depan di bidang geologi dan pertambangan, dengan fokus pada penciptaan lapangan kerja yang layak dan inklusif melalui pemanfaatan teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone. Program ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan siswa, memperluas kesempatan kerja, dan mendorong inovasi di bidang teknologi geologi dan pertambangan (SDGs 8). Memperkuat kapasitas industri, mendorong inovasi, dan meningkatkan kualitas infrastruktur/ media pembelajaran pemetaan di SMK Negeri 5 Barru melalui pengintegrasian teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone. Hal ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang mendukung kreativitas, inovasi, dan kesiapan industri di geologi dan pertambangan (SDGs 9). Pengabdian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh sekolah, guru, dan siswa (SDGs 19), dengan fokus utama pada aspek-aspek 1) Peningkatan media pembelajaran pemetaan berbasis teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV), 2) Pembangunan kapasitas guru dalam penggunaan drone untuk pembelajaran pemetaan, 3) Pengembangan metode pembelajaran pemetaan yang menggunakan teknologi moderen.

## **2. Metode Pelaksanaan**

Untuk mengatasi persoalan yang dihadapi oleh mitra yaitu guru SMK Negeri 5 Barru, maka pelaksanaan program PKM ini menggunakan metode observasi dan wawancara, pelatihan/ workshop, dan penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, serta keberlanjutan program. Tahapan pelaksanaan program PKM ini meliputi tahapan persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Tahapan tersebut sebagai berikut:

### *2.1. Tahap Persiapan*

#### 1) Sosialisasi Program PKM Kepada Mitra

Tim PKM pada kegiatan akan menjelaskan program PKM kepada mitra untuk mendapatkan persetujuan. Dilakukan pertemuan dengan mitra secara langsung di SMK Negeri 5 Barru untuk menjelaskan tujuan, manfaat, dan mekanisme pelaksanaan program PKM kepada guru-guru sebagai mitra. Mengumpulkan feedback, saran, dan

masukan dari pihak mitra untuk meningkatkan kualitas dan keterlibatan dalam program PKM.

2) Melakukan Observasi dan Identifikasi Permasalahan Mitra

Melalui survei lapangan, tim PKM melakukan identifikasi permasalahan mitra utamanya dalam proses pembelajaran di sekolah. Kegiatan ini meliputi observasi kegiatan pembelajaran dan wawancara dengan guru-guru terkait kendala dalam proses pembelajaran. Setelah permasalahan diidentifikasi selanjutnya tahap perumusan program/ solusi secara bersama.

3) Menyusun Program Pelatihan dan Pendampingan Kepada Mitra

Tim PKM bersama SMK Negeri 5 Barru sebagai mitra melakukan FGD (*Focus Group Discussion*) untuk penyusunan program sebagai solusi atas permasalahan pembelajaran. Fokus utama program yaitu peningkatan kualitas pembelajaran di SMK Negeri 5 Barru melalui penggunaan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone. Inisiatif ini dirancang untuk memperkuat kompetensi pembelajaran di bidang geologi dan pertambangan yang merupakan spesialisasi dari sekolah tersebut dalam mempersiapkan siswa untuk menjadi tenaga kerja yang kompeten.

4) Menyusun Perangkat Program Pelatihan dan Pendampingan

Kegiatan ini meliputi 1) pembuatan *hand out* dan bahan presentasi untuk peserta pelatihan sebagai bahan ringkasan dari modul yang akan dilatihkan, 2) membuat instrumen kepuasan untuk mengukur efektivitas program PKM, 3) instrumen evaluasi dengan tujuan untuk melihat kekurangan dan kelemahan program demi peningkatan kualitas pelaksanaan program di masa depan.

2.2. Tahap Pelaksanaan

1) Penyediaan Alat Ukur Pemetaan Moderen dan Software ArcGIS

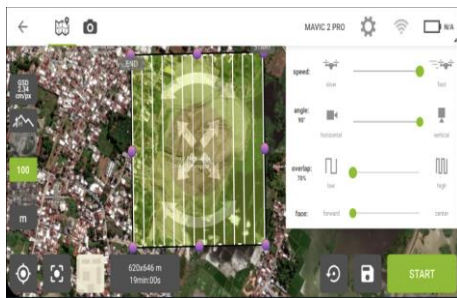
Kegiatan ini meliputi penyediaan alat ukur pemetaan moderen meliputi Drone DJI Mini 4 Pro, GPS Garmin Etrex 10 SEA, dan instalasi software pemetaan seperti ArcGIS 10.8 pada perangkat komputer di sekolah yang akan digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

2) Workshop dan Pelatihan Penggunaan Drone untuk Pemetaan

Mengadakan sesi workshop yang memberikan pengetahuan dasar tentang drone, prinsip kerja, hingga aplikasi dalam pemetaan, khususnya penggunaannya dalam pemetaan kepada guru-guru maupun siswa SMK Negeri 5 Barru. Selanjutnya memberikan sesi pelatihan *hands-on* yang memungkinkan guru untuk praktik langsung menggunakan drone, termasuk perencanaan penerbangan, pengoperasian, pengambilan data, dan analisis hasil pemetaan. Guru akan belajar bagaimana merencanakan dan melaksanakan misi pemetaan menggunakan drone, serta mengolah data yang diperoleh untuk tujuan pendidikan. Tahapan praktek pengoperasian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut;

Tabel 1. Tahapan praktek pemetaan menggunakan drone

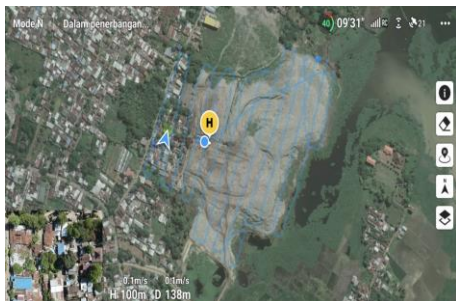
1) Perencanaan Terbang (*Flight Plan*)



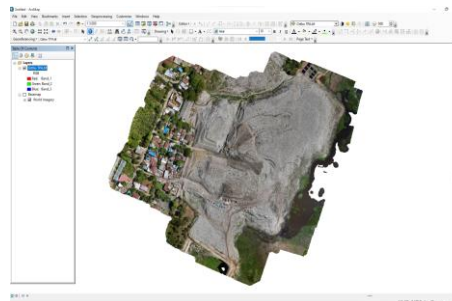
2) Pemasangan dan Pengukuran *Premark*



### 3) Data Acquisition



### 4) Image Processing



### 3) Pendampingan Pengembangan Modul Pembelajaran Interaktif dan Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek

Memberikan pendampingan dan bimbingan teknis kepada guru-guru dalam merancang dan mengembangkan modul pembelajaran interaktif yang menggunakan drone untuk memahami konsep pemetaan yang abstrak kepada siswa. Kegiatan ini dimulai dengan analisis tahap awal meliputi analisis konten, analisis struktur perangkat dan instrumen pembelajaran, analisis tujuan pembelajaran. Setelah analisis tahap awal, selanjutnya dilakukan pengembangan modul pembelajaran sesuai dengan tujuan pembelajaran dalam kurikulum. Pengembangan modul ini diperkaya dengan hasil-hasil pemetaan drone agar dapat menjelaskan konsep pemetaan kepada siswa kelas. Setelah modul yang dikembangkan selesai, selanjutnya memberikan pendampingan dan bimbingan teknis untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran berbasis proyek yang menggunakan drone. Hal ini meliputi integrasi teknologi UAV dalam kurikulum dan pemanfaatan data yang diperoleh dari drone untuk kegiatan pembelajaran di kelas.

#### 2.3. Tahap Pelaporan

##### 1) Evaluasi Pelaksanaan Program

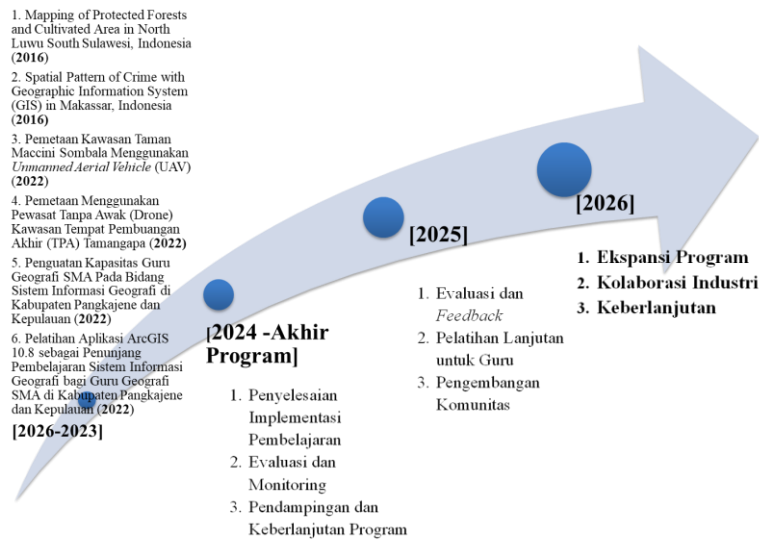
Tahap evaluasi program dilaksanakan secara rutin dan berkala selama pelaksanaan kegiatan PKM. Evaluasi pelaksanaan program ini untuk memastikan program berjalan dengan lancar, kualitas pelaksanaan, pencapaian tujuan/ target, dan dampak terhadap mitra sasaran. Pada tahap evaluasi dilakukan pengumpulan umpan balik dari mitra untuk mengidentifikasi hal-hal yang memerlukan perbaikan. Setelah peserta pelatihan menyelesaikan aktifitasnya, mereka akan diminta mengisi angket kepuasan.

##### 2) Monitoring Implementasi Program

Monitoring dilaksanakan secara berkala terhadap implementasi pembelajaran pemetaan yang menarik dan interaktif berbasis teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone di sekolah untuk memastikan keterlaksanaan pembelajaran tersebut sesuai dengan tujuan pembelajaran. Selanjutnya dilakukan analisis dan penilaian terhadap efektifitas pembelajaran pemetaan berbasis drone yang telah diimplementasikan.

##### 3) Keberlanjutan Program

Kegiatan pada tahap ini bertujuan untuk memastikan program PKM dapat berkelanjutan setelah selesai dilaksanakan. Setelah program PKM dilaksanakan, tim PKM bertugas memberikan pendampingan berkelanjutan kepada mitra dalam menghadapi tantangan yang muncul selama pelaksanaan pembelajaran pemetaan, mendorong guru untuk mengikuti berbagai pelatihan workshop tentang drone, dan membentuk komunitas drone di SMK Negeri 5 Barru. Pendampingan berkelanjutan dilaksanakan dalam waktu selama satu tahun terhitung setelah masa kegiatan PKM berakhir. Roadmap keberlanjutan program dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 5. Road Map Keberlanjutan Program

#### 2.4. Parsipasi Mitra

Partisipasi mitra dalam kegiatan ini meliputi menyediakan tempat dan fasilitas untuk pelatihan dan pendampingan, terlibat aktif dalam seluruh tahapan pelaksanaan program PKM ini. Mereka akan mengikuti sosialisasi program PKM, workshop dan pelatihan yang diselenggarakan, memberikan masukan dan saran untuk program PKM, dan memberikan dukungan dan kerjasama dalam pelaksanaan program PKM.

#### 2.5. Peran dan Tugas dari Masing-Masing Anggota Tim

Tim yang terlibat terdiri dari dosen yang berasal dari Prodi Pendidikan Geografi (1 orang), Prodi Teknik Komputer (1 orang), dan Prodi Geografi (1 orang). Mahasiswa yang terlibat berjumlah 5 orang dan berasal dari Prodi Geografi

### 3. Hasil Dan Pembahasan Pelaksanaan PKM

#### 3.1. Hasil Pelaksanaan PKM

Pelaksanaan Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) di SMK Negeri 5 Barru telah berhasil mencapai beberapa hasil yang signifikan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Berikut adalah hasil yang dicapai:

##### 3.1.1. Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Guru dalam Penggunaan UAV Drone untuk Pembelajaran Pemetaan

Melalui pelatihan intensif yang diberikan, sebagian besar guru di jurusan Geologi Pertambangan berhasil memperoleh keterampilan dasar dalam pengoperasian drone untuk pemetaan. Selama pelaksanaan PKM, sebanyak 20 guru dari jurusan Geologi Pertambangan mengikuti pelatihan intensif selama 2 hari tentang penggunaan drone dan software ArcGIS 10.8 pada tanggal 1-2 Agustus 2024. Para guru dapat memahami cara merencanakan dan melaksanakan misi pemetaan, serta mengolah data yang diperoleh menggunakan software ArcGIS 10.8. Berikut tahapan workshop dan pelatihan penggunaan drone untuk pemetaan;

##### (1) Pembukaan Pelatihan dan Pemberian Materi Pengantar Drone

Pembukaan kegiatan dilaksanakan di Lab Usaha Perjalanan Wisata SMKN. 5 Barru. Kegiatan ini dibuka oleh Kepala Sekolah SMKN 5 Barru yang diwakili oleh Wakasek Kurikulum. Setelah kegiatan pembukaan, dilanjutkan

dengan pemberian materi pengantar mengenai drone.



Gambar 6. Pembukaan Kegiatan



Gambar 7. Peserta Pelatihan

### (2) Pengenalan Fitur Drone

Kegiatan ini meliputi pengenalan fitur-fitur drone beserta fungsinya. Meliputi sistem kamera (resolusi, stabilisasi, zoom, mode pemotretan), sistem penerbangan (GPS, barometer, sensor ultrasonik, *inertial measurement unit*), kontrol (remote kontrol, *waypoint*, *return to home*, *geofencing*) dan baterai drone (kapasitas dan waktu pengisian). Selain itu, kegiatan ini juga meliputi cara mengaktifkan dan menghubungkan drone dengan remote kontrol.



Gambar 8. Pengenalan Fitur Drone



Gambar 9. Pengaktifan Drone

### (3) Perencanaan Terbang (*Flight Plan*)

Kegiatan ini meliputi pelatihan perencanaan terbang (*Flight Plan*). Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah menentukan area sekolah yang akan dipetakan, menentukan parameter meliputi ketinggian terbang, kecepatan, overlap antara foto, dan resolusi gambar yang diinginkan serta membuat jalur penerbangan dengan menggunakan aplikasi perencanaan penerbangan yang disediakan oleh DJI (*DJI Pilot*) untuk membuat jalur penerbangan otomatis.



Gambar 10. *Flight Plan*



Gambar 11. Membuat Jalur Penerbangan

#### (4) Pengambilan Data

Pada tahapan ini dilakukan praktek pengambilan data dengan menerbangkan drone di area sekolah. Penerbangan drone dilakukan secara otomatis sesuai dengan jalur yang telah dibuat. Drone akan secara otomatis terbang mengikuti jalur yang telah ditentukan dan mengambil gambar secara berkala. Dilakukan pemantauan drone selama penerbangan untuk memastikan semuanya berjalan lancar termasuk memastikan gambar yang diambil memiliki tumpang tindih yang cukup untuk menghasilkan model 3D yang akurat.



Gambar 12. Penerbangan Drone



Gambar 13. Pemantauan Drone Selama Penerbangan

#### (5) Pengolahan Data dan Layouting Peta

Di tahap ini dilakukan pelatihan pengolahan data diawali dengan mengunduh data semua foto dari drone ke komputer. Setelah itu, dilakukan pelatihan proses data menggunakan software pengolahan data seperti DJI Pilot, Pix4D, dan Agisoft Metashape untuk:

- Menandai titik kontrol tanah (ground control points, GCP) menggunakan GCP untuk georeferensi data.
- Membuat awan titik menggunakan software yang menyusun semua foto menjadi awan titik 3D.
- Membuat model 3D dari awan titik dari area yang dipetakan.
- Membuat peta 2D ortofoto yang dihasilkan dari proyeksi ortografis.
- Malyout peta 2D otofoto menggunakan software ArcGis 10.8



Gambar 14. Pengolahan Data

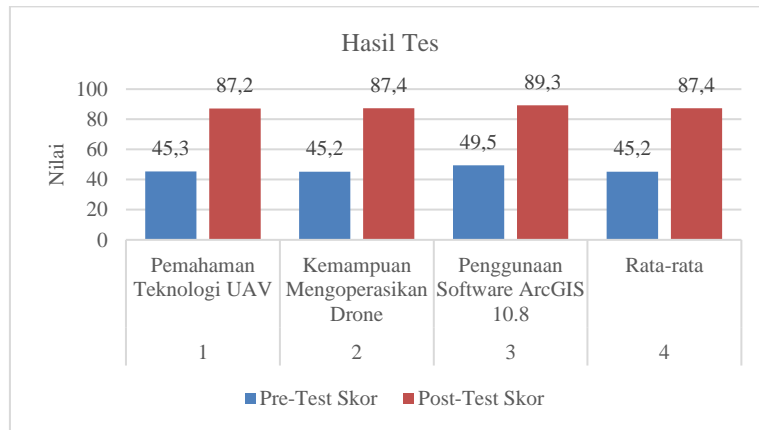


Gambar 15. Layouting Peta Menggunakan ArcGis 10.8



Gambar 16. Luaran Peta Hasil Pelatihan

Hasil dari pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman dan keterampilan mereka. Skor rata-rata pre-test adalah 45,3, sementara post-test meningkat menjadi 87,2, yang menunjukkan peningkatan sebesar 92,5%.



Gambar 17. Diagram hasil tes

Berdasarkan survei kepuasan yang diisi oleh para guru setelah pelatihan, 95% peserta menyatakan bahwa pelatihan sangat bermanfaat, dan 85% dari mereka merasa sangat percaya diri untuk mengimplementasikan teknologi UAV dalam pembelajaran pemetaan di kelas.

Tabel 2. Persentase kepuasan guru setelah pelatihan

No.	Indikator	Persentase Guru yang Menyetujui
1	Pelatihan sangat bermanfaat	95%
2	Percaya diri dalam mengimplementasikan UAV	85%



Gambar 17. Foto bersama guru SMKN 5 Barru peserta pelatihan

### 3.1.2. Pengembangan Metode Pembelajaran Pemetaan yang Lebih Interaktif dan Menarik Menggunakan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV)



Gambar 18. Pengembangan modul pembelajaran interaktif berbasis teknologi drone

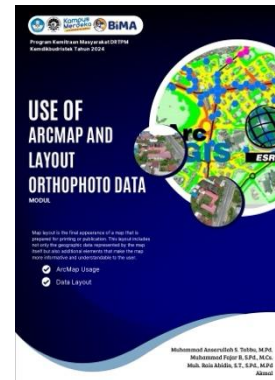


Gambar 19. Pendampingan penerapan teknologi Drone

Pendampingan yang diberikan dalam mengembangkan metode pembelajaran pemetaan yang lebih interaktif dan menarik adalah pengembangan modul pembelajaran interaktif berbasis teknologi drone menghasilkan sebuah modul pembelajaran yang telah diujicobakan di kelas. Modul ini berhasil membuat siswa lebih tertarik dan terlibat dalam proses belajar mengajar, terutama dalam memahami konsep pemetaan yang abstrak. Modul ini terbukti efektif dalam membantu siswa memahami materi dengan lebih baik melalui visualisasi yang disediakan oleh teknologi UAV.



Gambar 20. Modul Pemetaan Berbasis Drone



Gambar 21. Modul Pemetaan Menggunakan ArcGIS

Penerapan metode pembelajaran berbasis proyek mendorong siswa untuk secara aktif terlibat dalam proses pemetaan, mulai dari perencanaan, pengambilan data, hingga analisis hasil. Implementasi teknologi drone dalam pembelajaran berhasil meningkatkan minat siswa terhadap mata pelajaran Geologi Pertambangan. Siswa menunjukkan antusiasme yang tinggi dalam mengikuti kegiatan praktikum dan pembelajaran berbasis proyek yang menggunakan drone. Berdasarkan survei yang diisi oleh para siswa setelah penerapan metode pembelajaran berbasis proyek, 92% siswa menyatakan bahwa menemukan pembelajaran dengan UAV lebih menarik, 88% dari mereka merasa lebih memahami konsep pemetaan, dan 80% siswa berpartisipasi aktif dalam proyek pemetaan.

Tabel 3. Survei penerapan metode pembelajaran berbasis proyek

No.	Indikator	Persentase Siswa yang Menyetujui
1	Menemukan pembelajaran dengan UAV lebih menarik	92%
2	Merasa lebih memahami konsep pemetaan	88%
3	Partisipasi aktif dalam proyek pemetaan	80%

### 3.1.3. Peningkatan Media Pembelajaran Pemetaan Berbasis Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV)



Gambar 22. Penyerahan Teknologi UAV dan GPS



Gambar 23. Foto Bersama

Implementasi IPTEKS di SMK Negeri 5 Barru berfokus pada pemanfaatan drone moderen dengan teknologi GPS dan kamera resolusi tinggi dan Software ArcGIS untuk keperluan pendidikan, khususnya dalam pembelajaran pemetaan. Drone ini dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan aplikatif bagi siswa dan guru di bidang geologi dan pertambangan. Teknologi moderen yang didesiminasikan berupa Drone DJI Mini 4 Pro, Software ArcGIS 10.8, dan GPS Garmin 10 Etrex.

Tersedianya alat pemetaan moderen seperti drone DJI Mini 4 Pro dan GPS Garmin Etrex 10 SEA telah digunakan

secara efektif dalam proses pembelajaran. Alat-alat ini tidak hanya membantu dalam pengajaran tetapi juga memperkaya pengalaman belajar siswa, memberikan mereka pemahaman praktis yang relevan dengan dunia kerja di bidang geologi dan pertambangan.



Gambar 24. Drone DJI Mini 3



Gambar 25. GPS Garmin Etrex 10

### 1) Bentuk dan Ukuran

Drone DJI Mini 4 Pro dirancang dengan bentuk kompak dan portabel, memudahkan penggunaan dan transportasi dalam konteks pendidikan. Beratnya kurang dari 250 gram, menjadikannya sangat praktis untuk kegiatan pembelajaran di luar ruangan. Software ArcGIS 10.8 (*Geographic Information System*) menyediakan tools untuk pemetaan dan analisis spasial.

### 2) Spesifikasi Teknis

Tabel 4. Spesifikasi DJI Mini 4 Pro

Jenis	DJI Mini 4 Pro (DJI RC-2)
Kamera	Sensor 1/1.3 inci CMOS yang mampu merekam video 4K pada 60 fps dan menangkap foto 48MP, sangat cocok untuk pembelajaran pemetaan dan pengambilan gambar geologi detail.
Berat	Kurang dari 250 gram, menjadikannya sangat portabel dan mudah dibawa ke berbagai lokasi praktikum.
Waktu Terbang	Hingga 31 menit per pengisian, memungkinkan sesi pembelajaran pemetaan yang panjang.
Jarak Operasional	Jarak kontrol maksimum hingga 10 km dengan teknologi OcuSync 3.0, memastikan pemetaan area yang luas.
Fitur Canggih	Termasuk penghindaran hambatan, terbang otomatis, dan fitur keamanan seperti Return-to-Home (RTH), yang meningkatkan keamanan operasional.

### 3) Kegunaan

#### a. Pembelajaran Pemetaan

Dengan kamera berkualitas tinggi dan durasi penerbangan yang panjang, drone ini cocok untuk mengajar siswa tentang teknik pemetaan dan pengamatan geologi.

#### b. Praktik Lapangan

Beratnya yang ringan dan portabilitas memudahkan siswa untuk membawa drone ke lokasi praktik lapangan dan menggunakannya untuk memetakan berbagai jenis medan.

#### c. Pengamatan Geologi

Kamera yang mampu mengambil gambar beresolusi tinggi memungkinkan siswa dan guru untuk mengamati formasi geologi, struktur tanah, dan fitur lainnya dengan detail yang belum pernah ada sebelumnya.

#### 4) Kebermanfaatan

Dengan spesifikasi dan keunggulannya, DJI Mini 4 Pro cocok untuk digunakan dalam berbagai skenario pembelajaran, dari pengenalan konsep pemetaan dan geologi dasar hingga proyek penelitian siswa yang lebih kompleks. Drone ini dapat digunakan dalam pembelajaran teoritis di kelas, serta praktik lapangan, memberikan pengalaman pembelajaran yang kaya dan interaktif, serta memudahkan penjelasan dan pemahaman konsep abstrak dalam geologi dan pemetaan.

Implementasi drone DJI Mini 4 Pro di SMK Negeri 5 Barru merupakan langkah inovatif dalam untuk mengatasi keterbatasan media serta metodologi pembelajaran yang konvensional, khususnya dalam jurusan Geologi Pertambangan. Dengan memanfaatkan teknologi drone ini, siswa akan mendapatkan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan praktis tentang pemetaan dan analisis geologi. Dengan spesifikasi canggih dan kemudahan penggunaan, DJI Mini 4 Pro memungkinkan siswa tidak hanya untuk memahami teori-teori geologi dan pemetaan tetapi juga untuk menerapkannya dalam praktik nyata, melihat dunia dari perspektif baru, dan mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang materi yang dipelajari. Integrasi drone ke dalam kurikulum tidak hanya memperkaya proses pembelajaran tapi juga mempersiapkan siswa dengan keterampilan yang relevan untuk masa depan mereka dalam industri geologi dan pertambangan.

#### 3.2. Pembahasan

Pelaksanaan program PKM ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan guru dalam mengoperasikan drone dan menggunakan software ArcGIS 10.8 menunjukkan bahwa pelatihan yang diberikan telah dirancang dengan baik dan relevan dengan kebutuhan mereka. Hasil dari pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman dan keterampilan mereka. Skor rata-rata pre-test adalah 45,3, sementara post-test meningkat menjadi 87,2, yang menunjukkan peningkatan sebesar 92,5%. Penelitian menunjukkan bahwa pelatihan yang terstruktur dan berfokus pada praktik dapat meningkatkan keterampilan guru secara signifikan, yang pada gilirannya berdampak positif pada kualitas pengajaran mereka (Satria, 2023).

Modul pembelajaran yang dikembangkan juga terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa, yang sebelumnya mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep abstrak pemetaan. Penggunaan teknologi seperti drone dan software pemetaan memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dan interaktif bagi siswa. Berdasarkan survei yang diisi oleh para siswa setelah penerapan metode pembelajaran berbasis proyek, 92% siswa menyatakan bahwa menemukan pembelajaran dengan UAV lebih menarik, 88% dari mereka merasa lebih memahami konsep pemetaan, dan 80% siswa berpartisipasi aktif dalam proyek pemetaan. Penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis teknologi dapat membantu siswa mengatasi kesulitan dalam memahami materi yang kompleks, karena mereka dapat melihat dan menganalisis data secara langsung (Chasanah, 2023).

Peningkatan kualitas pembelajaran di SMK Negeri 5 Barru, khususnya dalam mata pelajaran Geologi Pertambangan. Penerapan teknologi UAV sebagai alat bantu pembelajaran berhasil mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi oleh sekolah, seperti keterbatasan media pembelajaran yang masih tradisional dan kurangnya keterampilan guru dalam menggunakan teknologi pemetaan yang moderen. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi UAV dalam kurikulum pendidikan dapat membantu siswa memahami konsep-konsep geologi dengan lebih baik melalui visualisasi data yang lebih jelas dan akurat (Luque-Vega et al., 2022b; Mesas-Carrascosa et al., 2019).

Keberhasilan program ini juga tidak terlepas dari partisipasi aktif mitra, yaitu SMK Negeri 5 Barru, yang terlibat dalam setiap tahapan pelaksanaan, mulai dari sosialisasi hingga evaluasi program. Kolaborasi yang baik antara tim pengusul dan mitra memberikan hasil yang optimal dan sesuai dengan harapan. Namun, untuk keberlanjutan program ini, diperlukan upaya lanjutan dalam bentuk pendampingan berkelanjutan dan pelatihan-pelatihan tambahan bagi guru, agar mereka dapat terus memperbarui pengetahuan dan keterampilan mereka seiring perkembangan teknologi. Selain itu, integrasi teknologi drone dalam kurikulum juga perlu didukung oleh kebijakan sekolah yang memungkinkan penggunaan alat-alat ini secara lebih luas dalam berbagai mata pelajaran. Dengan demikian, program PKM ini tidak hanya berhasil meningkatkan kualitas pembelajaran di SMK Negeri 5 Barru tetapi juga memberikan model pembelajaran inovatif yang dapat diadopsi oleh sekolah-sekolah lain yang memiliki

kebutuhan serupa.

#### 4. Kesimpulan

Pelaksanaan Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) di SMK Negeri 5 Barru telah berhasil mencapai tujuan yang diharapkan, dengan hasil yang signifikan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di jurusan Geologi Pertambangan. Program ini berhasil mengatasi permasalahan keterbatasan media pembelajaran dan kurangnya keterampilan serta pengetahuan guru dalam penggunaan teknologi pemetaan modern seperti UAV (drone) dan software ArcGIS.

Melalui pelatihan yang terstruktur dan intensif, keterampilan guru dalam mengoperasikan drone dan menggunakan software ArcGIS meningkat secara signifikan, sebagaimana dibuktikan oleh peningkatan skor post-test yang hampir dua kali lipat dibandingkan pre-test. Implementasi modul pembelajaran berbasis UAV juga terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep pemetaan, yang sebelumnya sulit dipahami.

Selain itu, program ini juga berhasil meningkatkan minat dan antusiasme siswa terhadap pembelajaran, dengan mayoritas siswa menyatakan bahwa metode pembelajaran berbasis teknologi ini lebih menarik dan membantu mereka lebih memahami materi yang diajarkan. Penggunaan drone untuk pemetaan lapangan memberikan pengalaman belajar yang aplikatif dan relevan dengan dunia kerja, yang diakui oleh siswa dan guru sebagai langkah maju dalam proses pembelajaran.

Secara keseluruhan, program PKM ini tidak hanya berhasil meningkatkan kompetensi guru dan siswa, tetapi juga memberikan model pembelajaran inovatif yang dapat diadopsi lebih luas. Keberhasilan program ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi modern dalam kurikulum pendidikan vokasi dapat secara signifikan meningkatkan kualitas pembelajaran dan mempersiapkan siswa dengan keterampilan yang relevan untuk masa depan. Untuk keberlanjutan, disarankan agar pelatihan lanjutan dan dukungan berkelanjutan diberikan untuk memastikan bahwa hasil positif ini dapat terus ditingkatkan di masa depan.

#### Acknowledgements

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemdibudristek) atas dukungan pendanaan melalui Program Kemitraan Masyarakat (PKM) tahun 2024, dukungan dan kerjasama dari mitra eksternal diantaranya Kepala Sekolah dan Guru SMKN. 5 Barru, Dinas Analisis Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) Kota Makassar atas dukungan instruktur/ pelatih selama pelaksanaan pelatihan.

#### References

- Alaa, M., & Al-Dakkak, O. (2021). Towards Trust Model in Unmanned Aerial Vehicle Ad Hoc Networks. *Journal of Communications Software and Systems*, 17(3), 213–220. <https://doi.org/10.24138/jcomss-2021-0049>
- AL-Dosari, K. (2023). A New Shift in Implementing Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in the Safety and Security of Smart Cities: A Systematic Literature Review. *Safety*, 9(3), 64. <https://doi.org/10.3390/safety9030064>
- Bolick, M. M., Mikhailova, E. A., & Post, C. J. (2022). Teaching Innovation in STEM Education Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Education Sciences*, 12(3), 224. <https://doi.org/10.3390/educsci12030224>
- Bolo, B., Mpoeleng, D., & Zlotnikova, I. (2019). Development of Methods Acquiring Real Time Very High Resolution Agricultural Spatial Information Using Unmanned Aerial Vehicle. *Agris On-Line Papers in Economics and Informatics*, 11(2), 21–29. <https://doi.org/10.7160/aol.2019.110203>
- Chasanah, M. (2023). Analisis Empat Kompetensi Guru Dalam Mengembangkan Pembelajaran IPS Di MI Ma'arif NU Pendaruban. *Jurnal Kependidikan*, 11(1), 105–117. <https://doi.org/10.24090/jk.v11i1.8440>

- Çoban, S., & Oktay, T. (2018). Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) According to Engine Type. *Journal of Aviation*. <https://doi.org/10.30518/jav.461116>
- DÖŞ, O. (2023). Hybrid Cyber Security of Unmanned Aerial Vehicles. *Ijamec*. <https://doi.org/10.58190/ijamec.2023.65>
- Gura, D. (2023). Using UAV to Create Digital Doubles of Reality and BIM. *E3s Web of Conferences*, 458, 08009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345808009>
- He, X., Hua, X., Montillet, J.-P., Yu, K., Zou, J., Dong, X., Zhu, H., Di, Z., Huang, Z., & Zhao, B. (2019). An Innovative Virtual Simulation Teaching Platform on Digital Mapping With Unmanned Aerial Vehicle for Remote Sensing Education. *Remote Sensing*, 11(24), 2993. <https://doi.org/10.3390/rs11242993>
- Hildmann, H., & Kovács, E. (2019). Review: Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) as Mobile Sensing Platforms (MSPs) for Disaster Response, Civil Security and Public Safety. *Drones*, 3(3), 59. <https://doi.org/10.3390/drones3030059>
- Hryshchuk, R., Bondarenko, Y., & Horbach, V. (2019). Formalized Resolution of the Scientific Task for Improving the Effective Planning Special Purpose Unmanned Aerial Vehicles Routes of Tactical Level. *Path of Science*, 5(1), 1001–1007. <https://doi.org/10.22178/pos.42-1>
- Jimoh, R., & SODI, K. (2022). Geospatial Evaluation of Building Facility in Oyo State, Southwestern Nigeria. *International Journal of Environment and Geoinformatics*. <https://doi.org/10.30897/ijgeo.811277>
- Kamarulzaman, A. M. M., Jaafar, W. S. W. M., Said, M. N. M., Saad, S., & Mohan, M. (2023). UAV Implementations in Urban Planning and Related Sectors of Rapidly Developing Nations: A Review and Future Perspectives for Malaysia. *Remote Sensing*, 15(11), 2845. <https://doi.org/10.3390/rs15112845>
- Kaviyarasu, A., Saravanakumar, A., & Logavenkatesh, M. (2021). Software in Loop Simulation Based Waypoint Navigation for Fixed Wing UAV. *Defence Science Journal*, 71(4), 448–455. <https://doi.org/10.14429/dsj.71.16164>
- Lai, Y.-H. (2023). Multi-Ethnic Computational Thinking and Cultural Respect in Unmanned Aerial Vehicle-Assisted Culturally Responsive Teaching. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1098812>
- Liu, C. (2023). Object Detection of UAV Aerial Image Based on YOLOv8. *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, 5(3), 46–50. <https://doi.org/10.54097/fcis.v5i3.13852>
- Liu, L. (2020). High neutralizing antibody titer in intensive care unit patients with COVID-19. *Emerging Microbes and Infections*, 1664–1670. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1791738>
- Lobo, D., Patel, D., Morainville, J., Shekhar, P., & Abichandani, P. (2021). Preparing Students for Drone Careers Using Active Learning Instruction. *Ieee Access*, 9, 126216–126230. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3110578>
- Luque-Vega, L. F., López-Neri, E., Arellano-Muro, C. A., González-Jiménez, L. E., Ghommam, J., Saad, M., Carrasco-Navarro, R., Ruíz-Cruz, R., & Guerrero-Osuna, H. A. (2022a). UAV-Based Smart Educational Mechatronics System Using a MoCap Laboratory and Hardware-in-the-Loop. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s22155707>
- Luque-Vega, L. F., López-Neri, E., Arellano-Muro, C. A., González-Jiménez, L. E., Ghommam, J., Saad, M., Carrasco-Navarro, R., Ruíz-Cruz, R., & Guerrero-Osuna, H. A. (2022b). UAV-Based Smart Educational Mechatronics System Using a MoCap Laboratory and Hardware-in-the-Loop. *Sensors*, 22(15), 5707. <https://doi.org/10.3390/s22155707>
- Maggioni, V., Giroto, M., Habib, E., & Gallagher, M. A. (2020). Building an Online Learning Module for Satellite Remote Sensing Applications in Hydrologic Science. *Remote Sensing*, 12(18), 3009. <https://doi.org/10.3390/rs12183009>

- Mesas-Carrascosa, F. J., Porras, F. P., Triviño-Tarradas, P., Larriva, J. E. M. de, & García-Ferrer, A. (2019). Project-Based Learning Applied to Unmanned Aerial Systems and Remote Sensing. *Remote Sensing*, 11(20), 2413. <https://doi.org/10.3390/rs11202413>
- Mugala, S., Okello, D., & Serugunda, J. (2020). Leveraging the Technology of Unmanned Aerial Vehicles for Developing Countries. *Saiee Africa Research Journal*, 111(4), 139–148. <https://doi.org/10.23919/saiee.2020.9194383>
- Phang, S. K. (2023). From Satellite to UAV-Based Remote Sensing: A Review on Precision Agriculture. *Ieee Access*, 11, 127057–127076. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3330886>
- Ragulina, Y. V. (2023). On the Issue of Human Resources Management Using Technological Tools. *Ekonomika I Upravljenie Problemy Resheniya*. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2023.09.04.016>
- Satria, D. (2023). Boardgame Business Craft Dan Lego Serious Play Dengan Pendekatan Design Thinking Sebagai Media Mengajar Bagi Guru Ekonomi SMA Se-Malang Raya. *Jurnal Inovasi Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 3(2), 553–548. <https://doi.org/10.54082/jipppm.187>
- Sokolov, S. S., Egorova, K., & Knysh, T. (2022). Exploring the Use of Unmanned Aerial Vehicles for Automated Oil Spill Identification. *E3s Web of Conferences*, 363, 01032. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236301032>
- Sueda, K., Yamazaki, A., Nomura, M., Sakamoto, M., Kato, Y., & Hosaka, M. (2021). Open Source-Based UAVs for STEAM Education: Some Case Studies. *International Journal of Learning and Teaching*, 202–206. <https://doi.org/10.18178/ijlt.7.3.202-206>
- Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. (2019). A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. *Information*, 10(11), 349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>
- Wu, J. (2023). *Research on the Digital Competency Improvement Path of Higher Vocational UAV Application Technology Professional Teachers Based on AI Technology*. 575–583. [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-264-4\\_66](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-264-4_66)
- Yang, M., Wang, S., Hu, K., & Liu, T. (2023). Wing Optimization Design Based on Composite Global Hawk Unmanned Aerial Vehicle. *Journal of Physics Conference Series*, 2557(1), 012087. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2557/1/012087>
- Yepes, I., Barone, D. A. C., & Porciuncula, C. M. D. (2021). Use of Drones as Pedagogical Technology in STEM Disciplines. *Informatics in Education*. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.08>