

Peningkatan Kompetensi Survei dan Pemetaan melalui Pelatihan Praktik Akuisisi dan Pengolahan Foto Udara di SMKN 2 Garut, Kabupaten Garut, Jawa Barat

Levana Apriani^{*1}, Achmad Ruchlihadiana Tisnasendjaja², Danis Suhari Singawilastra³, M. Dava Arjun Al Maliki⁴, Ziddan Noverdinan Ramadhan⁵, Santia Fahraeni⁶, M. Ryan Aldi⁷, Rosi Nurqolbiyati⁸, M. Hafidz Hidayatulloh⁹, Shela Santika¹⁰, Muhamad Rully¹¹, M. Abdul Aziz Riyadhi¹², Irfan Raihan Ramadhan¹³

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 Program Studi S1 Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Perencanaan, dan Arsitektur, Universitas Winaya Mukti, Indonesia

*e-mail: levana.apriani@unwim.ac.id¹

Abstrak

Program Keahlian Geologi Pertambangan di SMKN 2 Garut membutuhkan kemampuan survei dan pemetaan berbasis teknologi drone untuk mendukung kegiatan eksplorasi awal pada area pertambangan yang sulit dijangkau, namun kebutuhan tersebut belum terpenuhi karena sekolah belum memiliki drone dan belum pernah melaksanakan pelatihan pengolahan data foto udara, khususnya pembuatan Digital Elevation Model (DEM) dan ortofoto. Menjawab permasalahan tersebut, Program Studi Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti melaksanakan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat berupa pelatihan drone yang bertujuan meningkatkan kompetensi guru dan siswa dalam survei pemetaan udara. Kegiatan dilaksanakan selama empat hari dengan melibatkan 68 peserta melalui metode pelatihan komprehensif yang mencakup survei GNSS, praktik penerbangan drone, serta pengolahan data fotogrametri hingga menghasilkan ortofoto dan DEM. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan kompetensi yang signifikan, ditandai dengan kehadiran penuh peserta, nilai posttest minimal 75, serta capaian N-Gain sebesar 56 - 72%. Kualitas produk pemetaan juga meningkat, ditunjukkan oleh kesesuaian DEM sebesar 80% terhadap data acuan serta peta ortofoto dan kontur yang memenuhi kaidah kartografi. Dampak kegiatan terlihat dari tersedianya perangkat drone untuk praktik berkelanjutan serta meningkatnya kemampuan guru dan siswa dalam melakukan survei dan pengolahan data pemetaan udara sebagai bekal eksplorasi pertambangan di masa depan.

Kata Kunci: Drone, Foto Udara, Pelatihan, Pemetaan, Pendidikan Vokasi

Abstract

The Mining Geology Program at SMKN 2 Garut requires drone-based surveying and mapping capabilities to support preliminary exploration activities in hard-to-reach mining areas; however, this need has not been fulfilled due to the school's lack of drone equipment and the absence of prior training in aerial photo data processing, particularly for the generation of Digital Elevation Models (DEMs) and orthophotos. To address this issue, the Geodetic Engineering Study Program of Universitas Winaya Mukti conducted a Community Service program in the form of drone training aimed at improving the competencies of teachers and students in aerial surveying and mapping. The activity was carried out over four days and involved 68 participants through a comprehensive training method that included GNSS surveying, drone flight practice, and photogrammetric data processing to produce orthophotos and DEMs. The results demonstrated a significant improvement in participants' competencies, as indicated by full attendance, minimum post-test scores of 75, and N-Gain values ranging from 56–72%. The quality of the mapping products also improved, shown by an 80% conformity of the DEM with reference data and the production of orthophoto and contour maps that meet cartographic standards. The impact of the program is reflected in the availability of drone equipment for sustainable practice and the enhanced capacity of teachers and students to conduct aerial surveying and mapping data processing as preparation for future mining exploration activities.

Keywords: Aerial Photo, Drone, Mapping, Training, Vocational Education

1. PENDAHULUAN

Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) pada Fokus Riset Sosial Humaniora–Seni Budaya–Pendidikan menempatkan penguatan ekonomi dan pengembangan sumber daya manusia (SDM) sebagai prioritas, khususnya dalam membentuk SDM yang berkarakter, terampil, dan berdaya

saing. Dalam konteks pendidikan vokasi, Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) memiliki peran strategis sebagai penyedia tenaga kerja menengah yang siap memasuki dunia kerja dan mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi. Upaya peningkatan kompetensi siswa SMK melalui pembelajaran dan pelatihan berbasis teknologi juga selaras dengan tujuan Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 4 tentang Pendidikan Berkualitas dan SDG 9 tentang Industri, Inovasi, dan Infrastruktur, yang menekankan pentingnya peningkatan kualitas pendidikan serta penguasaan teknologi untuk mendukung pembangunan dan daya saing SDM (United Nations, 2020).

Sekolah Menengah Kejuruan Negeri (SMKN) 2 Garut merupakan sekolah menengah kejuruan yang berada di Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. SMKN 2 Garut memiliki sepuluh program keahlian, salah satunya adalah Program Keahlian Geologi Pertambangan. Geologi pertambangan merupakan ilmu geologi terapan yang mendukung kegiatan operasional pertambangan dan mengevaluasinya. Tujuan utama geologi pertambangan adalah menyediakan informasi geologis secara terperinci dan melakukan kajian teknis dan ekonomi untuk mengevaluasi kegiatan pertambangan (Abzalov, 2016).



Gambar 1. Kegiatan praktikum lapangan SMKN 2 Garut

Keberadaan Program Keahlian Geologi Pertambangan tentunya turut membantu Kabupaten Garut yang memiliki beberapa lokasi tambang. Saat ini Kabupaten Garut masih sebatas pada bahan galian golongan C (Badan Pusat Statistik, 2024). Program Keahlian Geologi Pertambangan di SMKN 2 Garut tidak hanya mempelajari aspek pertambangan, tetapi juga survei dan pemetaan yang berperan penting dalam kegiatan eksplorasi pendahuluan. Tahapan eksplorasi ini membutuhkan peta topografi atau data ketinggian yang akurat, yang saat ini banyak diakuisisi menggunakan *drone* (Leksono et al., 2019). Saat ini dunia industri pertambangan telah secara luas memanfaatkan *drone* untuk memetakan wilayah izin usaha pertambangan, menyusun peta topografi, serta menghitung volume galian dan timbunan (Kaushal & Bhatnagar, 2023).

Kondisi tersebut menjadi permasalahan yang semakin kompleks mengingat wilayah Kabupaten Garut memiliki karakteristik topografi perbukitan hingga pegunungan serta potensi kegiatan pertambangan, kebencanaan, dan perencanaan wilayah yang memerlukan data spasial yang akurat dan mutakhir. Permasalahan ini diperparah dengan kondisi SMKN 2 Garut yang hingga saat ini belum memiliki sarana *drone* sebagai media praktik pembelajaran, sehingga penguasaan teknologi *drone* oleh siswa masih terbatas, baik pada aspek pengoperasian, perencanaan jalur terbang, maupun pengolahan data fotogrametri. Akibatnya, siswa belum mampu menghasilkan produk pemetaan yang sesuai dengan kebutuhan lapangan serta perkembangan teknologi yang diterapkan di dunia kerja.

Selain relevan untuk eksplorasi pendahuluan, teknologi *drone* juga sangat dibutuhkan pada area pertambangan yang sulit dijangkau atau berisiko tinggi bagi keselamatan manusia. Pemanfaatan foto udara dari *drone* memungkinkan perencanaan area tambang secara lebih efisien sekaligus menekan biaya survei lapangan. Pada pertambangan terbuka, *drone* berfungsi untuk memantau kemajuan kegiatan serta menghitung volume galian dan timbunan, dan akan semakin optimal apabila didukung sensor lanjutan seperti hiperspektral dan *Light Detection and Ranging* (LiDAR) (Kalbende & Annavarapu, 2022). Oleh karena itu, sebagai solusi atas permasalahan yang dihadapi, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dirancang melalui

pelatihan *drone* yang terstruktur dan terukur, mencakup pengoperasian *drone* secara aman sesuai prosedur, perencanaan jalur terbang, pengambilan foto udara dengan overlap minimal 70–80%, serta pengolahan data menggunakan perangkat lunak fotogrametri secara aplikatif.

Tujuan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini adalah meningkatkan kompetensi dalam menggunakan alat survei dan pemetaan siswa SMKN 2 Garut dalam pemanfaatan teknologi *drone* sehingga mampu menghasilkan produk pemetaan berupa ortofoto dan *Digital Elevation Model* (DEM) dengan resolusi spasial yang jelas dan terukur. Luaran tersebut diharapkan dapat dimanfaatkan untuk pemetaan skala kecil hingga menengah serta menjadi indikator kesiapan siswa dalam menerapkan teknologi pemetaan udara sesuai dengan kebutuhan lapangan di Kabupaten Garut.

2. METODE

Pengabdian kepada masyarakat dilakukan pada SMKN 2 Garut, Kabupaten Garut, Jawa Barat dengan jumlah tim pengabdian tiga belas orang, yang terdiri dari tiga dosen dan sepuluh mahasiswa. Untuk mitra berjumlah 68 siswa kelas XII Program Keahlian Geologi Pertambangan, SMKN 2 Garut. Kegiatan pengabdian berfokus pada pelatihan menerbangkan *drone* dan pengolahan foto udara sampai menghasilkan *output* berupa ortofoto dan DEM. Kegiatan ini terdiri dari lima tahapan, yaitu sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, dan keberlanjutan program.

2.1. Tahap Sosialisasi

Sosialisasi kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) dilaksanakan pada tanggal 1 September 2025 dari pukul 09:00 WIB - 10:00 WIB bertempat di aula SMKN 2 Garut dengan melibatkan 68 siswa sebagai peserta kegiatan, serta didampingi oleh tujuh guru dari Program Keahlian Geologi Pertambangan. Kegiatan sosialisasi ini dipandu langsung oleh ketua pelaksana PKM bersama seluruh anggota tim pelaksana yang terdiri atas dua dosen dan sepuluh mahasiswa, yang berperan aktif dalam penyampaian materi serta diskusi dengan peserta. Selain dihadiri oleh guru dan siswa, kegiatan ini juga mendapat dukungan dari pihak manajemen sekolah yang ditandai dengan kehadiran Pelaksana Tugas (Plt.) Wakil Kepala Sekolah SMKN 2 Garut.



Gambar 2. Penyerahan modul pelatihan (a) dan foto bersama siswa SMKN 2 Garut setelah sosialisasi (b)

Pada kegiatan sosialisasi ini, tim PKM menyampaikan latar belakang pelaksanaan kegiatan, tujuan PKM, serta urgensi penerapan teknologi pendukung pembelajaran, khususnya dalam bidang survei dan pemetaan. Selain itu, dijelaskan secara rinci bentuk dan tahapan pelatihan yang akan diterima oleh siswa, mulai dari pengenalan teknologi, pelaksanaan praktik, hingga hasil atau *output* yang diharapkan dari kegiatan pelatihan. Sosialisasi juga bertujuan untuk memberikan gambaran persiapan yang perlu dilakukan oleh pihak mitra, baik dari sisi peserta, sarana, maupun dukungan teknis lainnya. Pada kesempatan yang sama, tim PKM menjelaskan fasilitas, peralatan, dan pendampingan yang akan disediakan oleh perguruan tinggi, sehingga

seluruh rangkaian pelatihan dapat berjalan secara efektif, terkoordinasi, dan optimal sesuai dengan rencana kegiatan.

2.2. Tahap Pelatihan

Kegiatan pelatihan dibagi ke dalam dua tahapan utama, yaitu kegiatan lapangan yang berfokus pada akuisisi foto udara dan kegiatan kelas/laboratorium yang berorientasi pada pengolahan data foto udara hingga menghasilkan produk pemetaan berupa ortofoto dan DEM. Pembagian tahapan ini bertujuan agar peserta memperoleh pemahaman yang utuh, mulai dari proses pengambilan data di lapangan hingga pengolahan dan penyajian data spasial. Pelatihan dirancang secara bertahap untuk mengintegrasikan aspek teoritis dan praktis sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di bidang geologi pertambangan.

Tahap awal pelatihan dilaksanakan pada tanggal 1 September 2025 dengan penyampaian materi mengenai aplikasi Global Navigation Satellite System (GNSS) sebagai Ground Control Point (GCP) serta konsep dan penerapan akuisisi foto udara dalam bidang geologi pertambangan. Materi disampaikan oleh dosen dengan dukungan mahasiswa sebagai fasilitator. Untuk mengukur pemahaman peserta, kegiatan diawali dengan *pretest* dan diakhiri dengan *posttest* menggunakan Google Form yang terdiri dari 40 soal. Selanjutnya, pada tanggal 2 September 2025 dilakukan praktik lapangan yang meliputi pemasangan empat titik GCP di beberapa lokasi sebagai titik referensi pengolahan data, serta praktik penerbangan Pesawat Udara Nirawak (*drone*). Kegiatan praktik mencakup penentuan jalur terbang, pengenalan komponen *drone*, pengunggahan misi penerbangan, dan pelaksanaan penerbangan untuk akuisisi data, yang dilakukan secara bergantian oleh peserta dengan bimbingan tim PKM dan pilot *drone* bersertifikat.



Gambar 3. Pemaparan terkait GNSS dan *drone* (a) dan pelatihan menerbangkan *drone* (b)



Gambar 4. Pemaparan terkait DEM, ortofoto, dan *layouting* peta (a) dan praktik pengolahan data foto udara (b)

Tahap pengolahan data dilaksanakan pada tanggal 15 dan 16 September 2025 dalam bentuk kegiatan kelas dan laboratorium. Kegiatan diawali dengan *pretest* terkait konsep DEM dan ortofoto, dilanjutkan dengan pemaparan teori mengenai pengolahan data foto udara serta kaidah kartografis dalam penyusunan peta, yang kemudian diakhiri dengan *posttest*. Selanjutnya, peserta

diarahkan untuk melakukan instalasi perangkat lunak yang digunakan dalam praktik. Pada sesi praktik lanjutan, peserta dibimbing secara langsung dalam pengolahan data menggunakan perangkat lunak Agisoft untuk menghasilkan DEM dan ortofoto, serta penyusunan peta ortofoto dan kontur menggunakan QGIS. Meskipun hasil peta yang dihasilkan belum sepenuhnya siap cetak, kegiatan ini memberikan pengalaman langsung kepada peserta dalam seluruh tahapan pemetaan berbasis *drone* secara terpadu.

2.3. Tahap Penerapan Teknologi

Penerapan teknologi dalam kegiatan PKM dilakukan secara langsung dan terintegrasi dengan pelatihan, yaitu pada tanggal 2, 15, dan 16 September 2025, melalui pemanfaatan *drone* sebagai teknologi tepat guna untuk survei dan pemetaan. Siswa Program Keahlian Geologi Pertambangan SMKN 2 Garut tidak hanya menerima materi teori, tetapi langsung menerapkannya mulai dari perencanaan pemetaan, pengambilan data foto udara, hingga pengolahan data menjadi ortofoto, DDEM, dan peta tematik, dengan pendampingan guru, dosen, dan fasilitator, sehingga meningkatkan keterampilan teknis, pemahaman alur kerja pemetaan, dan kesiapan siswa dalam memanfaatkan teknologi pemetaan modern.



Gambar 5. Siswa mencoba menerbangkan *drone* (a) dan mengolah data foto udara (b)

Penerapan teknologi juga dilaksanakan setelah kegiatan pelatihan, dengan pendampingan intensif dari guru sekolah serta didukung oleh konsultasi berkelanjutan dengan tim PKM. Dalam tahap ini, siswa menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang telah diperoleh secara mandiri namun tetap terarah, mulai dari perencanaan hingga pengolahan data pemetaan. Guru berperan dalam memastikan kesesuaian kegiatan dengan kurikulum dan kondisi lapangan, sementara tim PKM memberikan arahan teknis dan solusi atas permasalahan yang dihadapi.

2.4. Tahap Pendampingan dan Evaluasi

Pendampingan dan evaluasi pada pembuatan peta ortofoto dan kontur dilakukan secara intensif oleh tim PKM bersama guru selama proses pengolahan data hingga penyusunan peta akhir. Pendampingan mencakup bimbingan teknis dalam pemrosesan foto udara, pembentukan ortofoto dan kontur dari DEM, serta penyesuaian elemen kartografi agar peta memenuhi kaidah pemetaan. Tim PkM berkunjung sebanyak empat kali dalam melakukan pendampingan, yaitu tanggal 23 dan 26 September 2025, serta 2 dan 8 Oktober 2025. Pendampingan dan evaluasi dilakukan secara berkelompok.

Selanjutnya, evaluasi dilakukan terhadap ketelitian geometrik, kejelasan informasi, dan kesesuaian hasil peta dengan tujuan pemetaan, sehingga siswa memperoleh umpan balik yang konstruktif untuk meningkatkan kualitas peta ortofoto dan kontur yang dihasilkan. Hasilnya setiap siswa yang sudah dibagi dalam sepuluh kelompok dapat menghasilkan peta ortofoto dan kontur sesuai kaidah kartografis. Evaluasi yang dilakukan pada seluruh kegiatan terdapat pada Tabel 1.



(a)



(b)

Gambar 6. Siswa menunjukkan peta buatannya (a) dan pendampingan kepada siswa (b)

Tabel 1. Evaluasi hasil kegiatan

Evaluasi	Metode Evaluasi	Indikator Keberhasilan
<i>Pretest dan posttest</i>	Menghitung peningkatan nilai tes dengan N-Gain	1. Rerata nilai <i>posttest</i> adalah 75 2. N-Gain yang didapat di atas 50%
DEM	Melakukan <i>overlay</i> dengan DEM acuan yang sudah dibuat oleh tim PkM	1. Koordinat DEM sudah benar 2. Resolusi DEM mendekati DEM acuan
Peta ortofoto	Melihat kelengkapan dan kebenaran peta yang dihasilkan	1. Peta memiliki judul, arah utara, skala, legenda, grid/gratikul. dan pembuat peta 2. Tata letak peta rapi 3. <i>Ground Sampling Distance</i> pada peta di bawah 12 cm dengan ketelitian setengah dari GSD
Peta kontur	Melihat kelengkapan dan kebenaran peta yang dihasilkan	1. Peta memiliki judul, arah utara, skala, legenda, grid/gratikul. dan pembuat peta 2. Tata letak peta rapi 3. Selang kontur adalah 1 meter

2.5. Keberlanjutan Program

Kerbelanjutan program akan dilakukan dengan pemberian seperangkat *drone* sebagai modal dasar melakukan praktikum. Dengan pemberian *drone*, maka guru dan siswa SMKN 2 Garut dapat melanjutkan akuisisi foto udara dan membuat ortofoto beserta DEM dengan mandiri. Dosen dan mahasiswa Prodi Teknik Geodesi, Universitas Winaya Mukti, juga akan berupaya dalam melakukan pembimbingan saat akuisisi data, pengolahan data, maupun penyajian data sampai dapat dicetak menjadi peta dan digunakan untuk berbagai aplikasi geologi pertambangan.



(a)



(b)

Gambar 7. Penandatanganan Berita Acara Serah Terima (BAST) *drone* (a) & penyerahan *drone* (b)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan ini menguraikan capaian pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) berupa pelatihan dan penerapan teknologi Pesawat Udara Nirawak (*drone*) bagi siswa Program Keahlian Geologi Pertambangan SMKN 2 Garut. Pembahasan difokuskan pada proses pelaksanaan kegiatan, kemampuan mitra dalam mengoperasikan *drone* dan mengolah data spasial, serta luaran yang dihasilkan berupa data dan peta hasil pemetaan. Hasil yang diperoleh dianalisis dengan mengaitkan tujuan kegiatan, metode pendampingan, serta peran aktif guru dan tim PKM dalam mendukung peningkatan kompetensi survei dan pemetaan siswa.

3.1. Hasil Survei Kondisi Mitra

Mitra kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini adalah SMKN 2 Garut, khususnya Program Keahlian Geologi Pertambangan, yang memiliki potensi sumber daya manusia yang cukup baik namun masih menghadapi keterbatasan dalam penguasaan teknologi pemetaan berbasis pesawat udara nirawak (*drone*). Sebelum pelaksanaan kegiatan PKM, berdasarkan diskusi dengan guru SMKN 2 Garut, bahwa semua siswa kelas XII belum memiliki pengalaman dalam pengoperasian *drone*, perencanaan misi terbang, serta pengolahan data foto udara menjadi produk pemetaan seperti ortofoto dan DEM. Dalam kegiatan pembelajaran dan praktik lapangan, mitra masih banyak menggunakan metode dan peralatan survei pemetaan konvensional, seperti *electronic total station* (ETS), *waterpass*, dan peralatan ukur manual lainnya. Meskipun alat-alat tersebut masih relevan untuk pengukuran detail, penggunaannya memerlukan waktu yang relatif lebih lama, cakupan area yang terbatas, serta keterlibatan tenaga yang lebih banyak, sehingga pemanfaatan teknologi pemetaan modern dalam pembelajaran belum dapat diterapkan secara optimal.



Gambar 8. Siswa menggunakan *waterpass* (a) dan siswa sudah menggunakan *drone* (b)

Melihat kondisi tersebut, diperlukan upaya peningkatan kapasitas mitra melalui kegiatan pelatihan yang terarah dan aplikatif. Oleh karena itu, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini diselenggarakan dalam bentuk pelatihan penggunaan dan pemanfaatan *drone* sebagai teknologi pemetaan yang lebih efisien dan relevan dengan kebutuhan saat ini. Pelatihan dirancang untuk membekali siswa dengan pengetahuan serta keterampilan mulai dari pengenalan *drone*, perencanaan penerbangan, hingga pengolahan data foto udara menjadi produk pemetaan. Setelah pelatihan dilaksanakan, mitra menunjukkan peningkatan pemahaman dan keterampilan dalam pengoperasian *drone* serta pengolahan data spasial, yang ditunjukkan melalui kemampuan menghasilkan produk pemetaan berupa ortofoto, DEM, dan peta tematik sederhana. Selain itu, guru dan siswa mulai memiliki kesiapan untuk mengintegrasikan teknologi pemetaan berbasis *drone* ke dalam kegiatan pembelajaran dan praktik lapangan secara lebih sistematis dan berkelanjutan.

3.2. Hasil Analisis *Pretest* dan *Posttest*

Untuk mengukur efektivitas kegiatan pelatihan *drone* dan pengolahan foto udara, dilakukan empat kali *pretest* dan *posttest* kepada seluruh peserta berdasarkan topik pelatihan yang dibawakan. Soal tes terdiri dari dua puluh soal pilihan berganda. *Pretest* diberikan sebelum pelatihan dimulai untuk mengetahui tingkat pemahaman awal siswa mengenai penggunaan GNSS, akuisisi foto udara, pengolahan data foto udara, dan *layouting* peta. Sementara itu, *posttest* dilaksanakan setelah pemaparan dan pelatihan selesai guna menilai sejauh mana peningkatan pengetahuan dan keterampilan peserta.

Perbandingan hasil kedua tes ini menjadi indikator penting dalam menilai keberhasilan pelatihan, sekaligus memberikan gambaran tentang efektivitas metode pembelajaran dan materi yang telah disampaikan. Selanjutnya dilakukan perhitungan N-Gain untuk mengetahui apakah sudah efektif dalam memaparkan materi (Koro et al., 2024) dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$N - Gain = \frac{\text{Nilai Posttest} - \text{Nilai Pretest}}{\text{Nilai Ideal} - \text{Nilai Pretest}} \quad (1)$$

Kategori tafsiran efektivitas N-Gain dilakukan mengikuti standar Hake (1999), yang digunakan untuk menilai sejauh mana peningkatan hasil belajar siswa setelah diberi perlakuan atau intervensi pembelajaran. Interpretasi N-Gain didasarkan pada persentase: jika < 40% maka dianggap tidak efektif, 40–55% termasuk kurang efektif, 56–75% dikategorikan cukup efektif, dan > 76% menunjukkan efektif. Dengan demikian, N-Gain membantu peneliti dan pendidik dalam mengevaluasi keberhasilan suatu metode pembelajaran secara kuantitatif, serta membandingkan efektivitas antara kelompok atau strategi pembelajaran yang berbeda. Hasil dari *pretest* dan *posttest* di SMKN 2 Garut terdapat pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 2. Hasil perhitungan N-Gain

Materi	Rata-rata <i>Pretest</i>	Rata-rata <i>Posttest</i>	N-Gain	% N-Gain	Kefektifan
Penentuan Posisi dengan GNSS	73,02	95,52	0,720	72%	Cukup efektif
Akuisisi Foto Udara	70,07	87,65	0,565	56%	Cukup efektif
Pembuatan Orthomosaic dan DEM	81,98	96,91	0,618	62%	Cukup efektif
Pembuatan Peta Vektor dan Layouting	81,32	92,43	0,646	65%	Cukup efektif

Berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* yang disajikan pada Tabel 2, kegiatan pelatihan *drone* dan pengolahan foto udara terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan pengetahuan dan keterampilan peserta. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata *posttest* pada seluruh materi yang berada pada kategori tinggi, yakni di atas 85. Capaian tersebut mengindikasikan bahwa penyampaian materi telah sesuai dengan kebutuhan kompetensi survei dan pemetaan siswa Program Keahlian Geologi Pertambangan serta didukung oleh metode pembelajaran yang sistematis dan aplikatif. Peningkatan nilai yang konsisten pada seluruh topik pelatihan juga menunjukkan bahwa integrasi antara pemaparan teori dan praktik lapangan mampu memperkuat pemahaman konseptual sekaligus keterampilan teknis peserta.

Meskipun demikian, nilai N-Gain yang berada pada kategori cukup efektif menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan peserta dari kondisi awal ke kondisi akhir tidak berlangsung secara signifikan. Fenomena ini terutama dipengaruhi oleh tingginya nilai *pretest*, khususnya pada materi pembuatan orthomosaic, DEM, serta pembuatan peta vektor dan layouting, yang menunjukkan bahwa sebagian peserta telah memiliki pengetahuan awal yang memadai sebelum pelatihan dilaksanakan. Kondisi tersebut menyebabkan ruang peningkatan (*learning gain*)

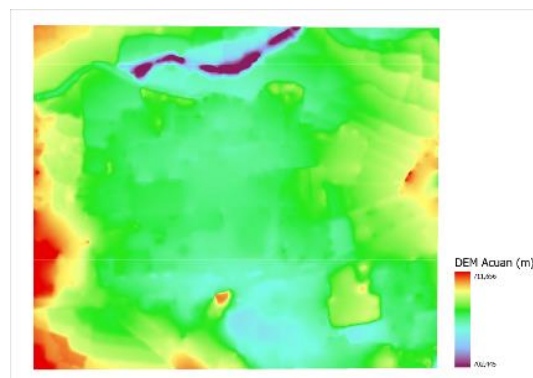
menjadi terbatas, sehingga meskipun capaian akhir sangat baik, nilai peningkatannya relatif moderat. Selain faktor penguasaan awal, durasi pelatihan yang terbatas dan kompleksitas materi teknis, terutama pada tahap akuisisi foto udara dan pengolahan data spasial, turut memengaruhi variasi peningkatan hasil belajar antar peserta.

Jika ditinjau per materi, topik penentuan posisi dengan GNSS menunjukkan nilai N-Gain tertinggi, yang mengindikasikan bahwa materi ini memiliki tingkat keterkaitan yang tinggi dengan pembelajaran sebelumnya serta relatif mudah diaplikasikan. Sebaliknya, materi akuisisi foto udara menunjukkan nilai N-Gain terendah, yang diduga disebabkan oleh banyaknya variabel teknis yang harus dikuasai, seperti perencanaan misi terbang, pengaturan parameter kamera, serta kendala operasional di lapangan. Sementara itu, materi pembuatan orthomosaic, DEM, dan layouting peta menunjukkan peningkatan sedang, yang mencerminkan bahwa peserta telah memahami alur kerja pengolahan data, namun masih memerlukan pendalaman untuk meningkatkan ketelitian dan kemandirian dalam praktik.

Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa efektivitas pelatihan tidak hanya ditentukan oleh kualitas materi dan metode pembelajaran, tetapi juga oleh kesiapan awal peserta, kompleksitas topik, serta intensitas praktik yang diberikan. Oleh karena itu, tindak lanjut yang direkomendasikan adalah penyelenggaraan pelatihan lanjutan dengan pendekatan berjenjang, peningkatan porsi praktik dan studi kasus pemetaan skala nyata, serta pendampingan berkelanjutan oleh guru dan tim PKM. Upaya tersebut diharapkan mampu meningkatkan nilai peningkatan pembelajaran secara lebih optimal sekaligus memperkuat implementasi teknologi *drone* dalam kegiatan pembelajaran dan praktik lapangan secara berkelanjutan.

3.3. Hasil Penerapan Teknologi

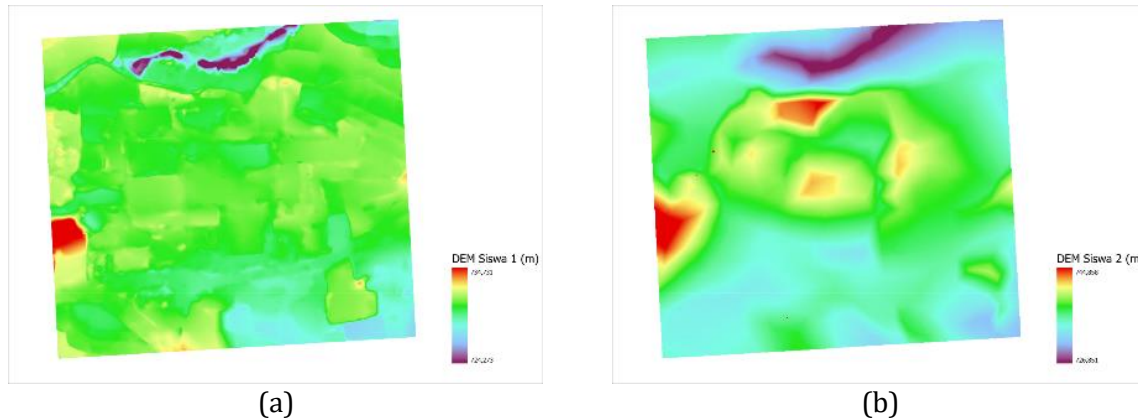
Pada produk yang dihasilkan, siswa membuat DEM, ortofoto, dan kontur. Pembuatan DEM menggunakan *software* pengolahan data foto udara dengan menggunakan *Cloth Simulation Filtering* (CSF) sebagai metode *filtering* dari *Digital Surface Model* (DSM) yang masih terdapat ketinggian bangunan dan pohon, menjadi *Digital Terrain Model* (DTM) yang sudah merupakan ketinggian tanah saja. Karakter metode CSF adalah memiliki akurasi tinggi untuk area permukiman dan pertanian, atau yang topografinya tidak kompleks, seperti SMKN 2 Garut (Sulung & Soeksmantono, 2025). Dalam proses pengolahan data, DEM berkualitas tinggi yang dihasilkan oleh Universitas Winaya Mukti digunakan sebagai acuan, sedangkan keterbatasan spesifikasi komputer di SMKN 2 Garut menyebabkan siswa hanya mampu menghasilkan DEM kualitas medium dan rendah. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa DEM kualitas medium masih memiliki kemiripan yang cukup baik terhadap DEM acuan, baik dari pola morfologi maupun kecenderungan nilai elevasi. Hal ini menandakan bahwa dengan pengaturan parameter pemrosesan yang tepat, keterbatasan perangkat keras tidak sepenuhnya menghambat kemampuan siswa dalam menghasilkan DEM yang layak untuk analisis spasial dasar.



Gambar 9. DEM yang dibuat oleh tim PkM Unwim

Sebaliknya, DEM kualitas rendah memperlihatkan perbedaan yang cukup signifikan, terutama pada detail topografi dan akurasi posisi. Melalui proses overlay, terlihat adanya

penyimpangan elevasi dan potensi kesalahan posisi yang semakin besar seiring dengan penurunan resolusi dan tingkat detail pemodelan. Temuan ini menegaskan bahwa kualitas DEM sangat dipengaruhi oleh kemampuan komputasi dan pengaturan pemrosesan, serta menunjukkan adanya batasan pemanfaatan DEM kualitas rendah yang lebih sesuai untuk tujuan pembelajaran konseptual dibandingkan analisis spasial yang menuntut ketelitian tinggi (Hidayat et al., 2016).



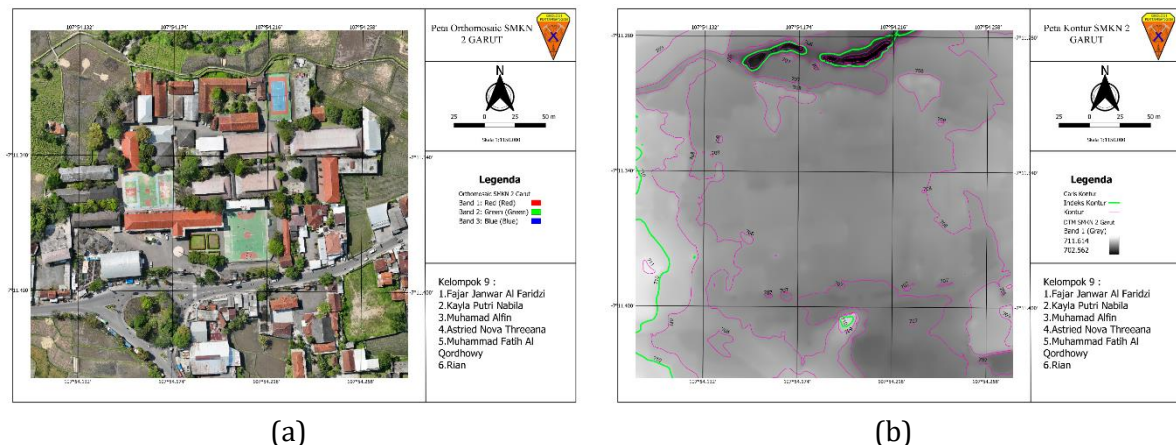
Gambar 10. DEM yang dibuat oleh siswa SMKN 2 Garut dengan kualitas *medium* (a) dan *low* (b)

Ortofoto yang dihasilkan memiliki *Ground Sampling Distance* (GSD) sebesar 2,77 cm per piksel, yang berarti setiap piksel mewakili 2,77 cm di lapangan dengan ketelitian geometrik mencapai 1,4 cm, sehingga menunjukkan kualitas spasial yang sangat baik untuk pemetaan detail (Farman et al., 2023). Capaian ini mencerminkan kemampuan siswa dalam menerapkan hasil pelatihan pengolahan foto udara, dengan pendampingan dari tim PKM, mengingat penguasaan teknis siswa masih dalam tahap berkembang. Dengan pendekatan pendampingan tersebut, siswa tetap berperan aktif dalam proses pengolahan, sekaligus menunjukkan potensi bahwa melalui pembiasaan dan pengalaman lanjutan, tingkat kemandirian dalam menghasilkan ortofoto berkualitas tinggi dapat terus ditingkatkan. Ortofoto dibuat dengan *software* Agisoft dan terdapat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil ortofoto siswa SMKN 2 Garut dengan pendampingan tim PkM Unwim

Sedangkan kontur dihasilkan dari data DEM dengan menggunakan metode *Kriging* dan memiliki interval kontur 1 meter. Metode *Kriging* dipilih karena dapat merepresentasikan ketinggian di dunia nyata dengan baik (Febriarta et al., 2020). Selain evaluasi melalui *pretest* dan *posttest*, penilaian hasil pelatihan juga dilakukan terhadap luaran praktik berupa peta yang dihasilkan oleh siswa. Siswa dibagi ke dalam sepuluh kelompok, di mana setiap kelompok bertugas menyusun dua jenis peta, yaitu peta ortofoto dan peta kontur, sebagai hasil dari proses akuisisi dan pengolahan foto udara. Contoh peta yang dihasilkan terdapat pada Gambar 12.



Gambar 12. Peta ortofoto (a) dan Peta kontur (b) yang dibuat kelompok 9 dari SMKN 2 Garut

Penilaian peta dilakukan dengan memperhatikan aspek ketepatan geometrik, kelengkapan unsur peta, serta kerapihan tata letak (*layouting*). Evaluasi terhadap luaran peta ini bertujuan untuk menilai kemampuan peserta dalam mengintegrasikan pemahaman konseptual dengan keterampilan teknis pengolahan data spasial, sekaligus memberikan gambaran kualitas hasil pemetaan yang dihasilkan setelah mengikuti pelatihan.

4. KESIMPULAN

Pelatihan *drone* dan pengolahan data foto udara di SMKN 2 Garut sebagai kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat telah menghasilkan peningkatan keterampilan siswa dalam pengoperasian *drone* dan pengolahan data fotogrametri, yang ditunjukkan oleh nilai *N-Gain pretest* dan *posttest* sebesar 56–72% sehingga tergolong cukup efektif. Kegiatan ini menghasilkan produk pemetaan berupa DEM, peta ortofoto, dan peta kontur yang telah disusun dalam *layout* peta dan siap dimanfaatkan untuk pemetaan skala besar hingga menengah. Dampak kegiatan terlihat pada meningkatnya kesiapan siswa dalam menerapkan teknologi *drone* sesuai kebutuhan lapangan, meskipun keterbatasan sarana dan perangkat keras menjadi pembelajaran penting dalam pelaksanaan pengolahan data. Oleh karena itu, keberlanjutan kegiatan melalui penyediaan fasilitas laptop/PC spesifikasi tinggi dan pelatihan lanjutan melalui video direkomendasikan agar kompetensi siswa semakin meningkat dan selaras dengan perkembangan teknologi serta kebutuhan dunia kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi atas dukungan pendanaan melalui skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat tahun 2025. Terima kasih juga diberikan kepada sivitas akademik Program Keahlian Geologi Pertambangan, SMKN 2 Garut dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Winaya Mukti.

DAFTAR PUSTAKA

- Abzalov, M. (2016). Applied Mining Geology: Modern Approaches in Solid Earth Sciences. In *Modern Approaches in Solid Earth Sciences* (Vol. 12). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39264-6>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Daerah Kabupaten Garut 2024 - Badan Pusat Statistik Kabupaten Garut*. Badan Pusat Statistik.

- <https://garutkab.bps.go.id/id/publication/2024/12/12/a3e5e7804e7d5e101d8bbcac/statistik-daerah-kabupaten-garut-2024.html>
- Farman, Jaya, L. O. M. G., Yusuf, D. N., Restele, L. O., Iswandi, M., & Syaf, H. (2023). Uji Ketelitian Geometri Citra Ortofoto Untuk Penyediaan Data Spasial Skala Besar. *Jurnal Perencanaan Wilayah*, 8(1), 35–43. <https://doi.org/10.33772/JPW.V8I1.365>
- Febriarta, E., Vienastra, S., Suyanto, A., Larasati, A., & Palawakarya, Y. (2020). Pengukuran Dasar Telaga menggunakan Alat Perum Gema Untuk Menghasilkan Peta Batimetri di Telaga Winong Yogyakarta. *Geomedia Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 18(1), 50–59. <https://doi.org/10.21831/GM.V18I1.31117>
- Hidayat, P. I., Subiyanto, S., & Sasmito, B. (2016). Analisis Kualitas DEM dengan Membandingkan Metode Orthorektifikasi Memakai Citra Resolusi Tinggi (Studi Kasus: Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 5(4), 22–31. <https://doi.org/10.14710/JGUNDIP.2016.13873>
- Kalbende, K., & Annavarapu, S. (2022). Drone Technology Solutions for the Mining Industry. *Mining Engineers' Journal*, 23(9).
- Kaushal, H., & Bhatnagar, A. (2023). Application of Artificial Intelligence in Drones in the Mining Industry: A Case Study. *Research Highlights in Science and Technology*, 9, 98–107. <https://doi.org/10.9734/BPI/RHST/V9/1031G>
- Koro, M., Kota, M. K., Banu, A., & Katu, E. P. N. (2024). Efektivitas Media Pembelajaran Berbasis Website Wordwall Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas V pada Mata Pelajaran IPAS Materi Ekosistem yang Seimbang di SDN Batuplat 1. *Fondatia: Jurnal Pendidikan Dasar*, 8(2), 486–497. <https://doi.org/10.36088/fondatia.v8i2.4856>
- Leksono, B. E., Soedomo, A. S., Apriani, L., Sugito, N. T., & Rabbani, A. (2019). Acceleration of Land Certification with Unmanned Aerial Vehicle in Toll Road Construction Area. *Indonesian Journal of Geography*, 51(1), 1–8. <https://doi.org/10.22146/IJG.31294>
- Sulung, P. P., & Soeksmantono, B. (2025). Comparative Analysis of DTM Extraction from Airborne LiDAR Point Cloud Data with Adaptive TIN Filter, Cloth Simulation Filter, and Progressive Morphological Filter Methods. *Jurnal Geografi Gea*, 25(1, April), 1–14. <https://doi.org/10.17509/GEA.V25I1.71587>
- United Nations. (2020). The 2030 Agenda for Sustainable Development's 17 Sustainable Development Goals (SDGs). *4th SDGs Virtual Youth Summer Camp*.