



KEMENTERIAN  
**KEHUTANAN**  
REPUBLIK INDONESIA



# MENJELAJAH HUTAN DARI UDARA

Pemetaan dan Dokumentasi  
Visual dengan Drone

ISBN 978-623-440-116-5



9

786234

401165

Menjelajah Hutan dari Udara  
Pemetaan dan Dokumentasi Visual dengan Drone

**PENGARANG :**  
Ani Marianah, S.Hut.,M.I.L.



**KEMENTERIAN KEHUTANAN**

**2025**

Menjelajah Hutan dari Udara  
Pemetaan dan Dokumentasi Visual dengan Drone

Penerbit:

KEMENTERIAN KEHUTANAN

Dikeluarkan Oleh:

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Manusia, Kementerian Kehutanan  
Jalan Mayjen Ishak Juarsa Gunung Batu Bogor  
Telp (0251) 8313622/ Fax (0251) 8323565- 8312841  
e-mail : pusdiklatsdm@kehutanan.go.id

Anggota IKAPI

No.349/Anggota Luar Biasa/JBA/2024

Pengarang :

Ani Marianah, S.Hut.,M.I.L.

Editor:

Gamin

Sri Harteti

Tabah Arif Rahmani

Desain Cover dan Tata Letak:

Desti Putri Handayanti, A.Md.

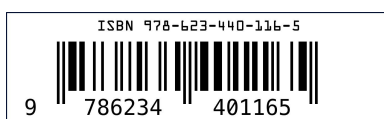
Annisa Salitia, A.Md.

Muhammad Lutfan Kurniawan, A.Md.S.I.

Hal: 77

Ukuran : 17,5 x 25,5 cm

Cetakan I : 2025



## KATA PENGANTAR

Perkembangan teknologi pemantauan sumber daya hutan dalam satu dekade terakhir telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Di antara berbagai inovasi tersebut, pemanfaatan drone muncul sebagai salah satu teknologi yang paling berdampak bagi dunia kehutanan. Drone bukan hanya menghadirkan cara baru dalam melakukan pemetaan kawasan hutan, tetapi juga membuka peluang besar dalam dokumentasi visual, penyampaian informasi, serta penguatan edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat luas sesuai kebutuhan tematik.

Buku “Menjelajah Hutan dari Udara: Pemetaan dan Dokumentasi Visual dengan Drone” disusun sebagai panduan menyeluruh yang mengintegrasikan aspek teknis, praktis, dan aplikatif dari penggunaan drone di lapangan. Melalui buku ini, pembaca diajak memahami konsep dasar pemetaan udara, proses perencanaan misi terbang, teknik pengambilan data spasial, serta tahapan pengolahan data menjadi informasi yang siap digunakan untuk analisis dan pengambilan keputusan.

Selain itu, buku ini juga membahas penggunaan drone untuk keperluan dokumentasi visual, baik fotografi maupun videografi, yang memiliki peran strategis dalam publikasi, pelaporan, komunikasi publik, dan kegiatan sosialisasi. Tidak hanya teori, beberapa studi kasus nyata turut disajikan untuk memberikan gambaran konkret mengenai bagaimana kebutuhan drone sangat diperlukan dalam kegiatan peningkatan kompetensi menggunakan drone melalui sebuah pelatihan.

Kami berharap buku ini dapat memberikan manfaat yang luas bagi praktisi kehutanan, peneliti hingga mahasiswa, lembaga konservasi, dan para pengguna drone yang ingin mengembangkan keterampilan teknis maupun pemahaman aplikatif di bidang pemetaan hutan dan dokumentasi publikasi visual. Semoga buku ini dapat menjadi salah satu referensi yang turut mendorong perkembangan teknologi pemantauan sumber daya hutan yang lebih efektif, inovatif, dan berkelanjutan.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, serta inspirasi dalam penyusunan buku ini. Semoga karya ini memberikan kontribusi positif bagi pengelolaan hutan di Indonesia.

Bogor, November 2025

Ani Marianah

## DAFTAR ISI

|   |    |
|---|----|
| KATA PENGANTAR .....  | 1  |
| DAFTAR ISI .....  | 2  |
| DAFTAR TABEL.....   | 3  |
| DAFTAR GAMBAR .....   | 4  |
| BAB 1 PENDAHULUAN.....  | 5  |
| A. Latar Belakang.....  | 5  |
| B. Rumusan Masalah.....   | 10 |
| C. Tujuan .....   | 10 |
| D. Manfaat.....   | 11 |
| BAB 2 DASAR-DASAR TEKNOLOGI DRONE.....                                  | 12 |
| A. Pengertian dan Sejarah Drone .....                                   | 12 |
| B. Jenis-jenis Drone untuk Kehutanan.....                               | 13 |
| C. Komponen Utama Drone .....   | 15 |
| D. Regulasi Penggunaan Drone.....                                       | 17 |
| BAB 3 PEMETAAN KAWASAN HUTAN BERBASIS SIG DENGAN DRONE .....            | 24 |
| A. Konsep Pemetaan Udara .....  | 24 |
| B. Perencanaan Misi Terbang .....                                       | 24 |
| C. Teknik Pengambilan Data Spasial .....                                | 26 |
| D. Pengolahan Data Drone .....  | 31 |
| BAB 4 DOKUMENTASI VISUAL UNTUK PUBLIKASI DAN SOSIALISASI .....          | 47 |
| A. Teknik Fotografi.....  | 47 |
| B. Teknik Videografi .....  | 55 |
| C. Editing dan Pengemasan Konten Visual.....                            | 60 |
| BAB 5 PENINGKATAN KAPASITAS SDM DALAM PENGGUNAAN DRONE .....            | 62 |
| A. Studi Kasus Pelatihan Penggunaan Drone untuk Pemetaan .....          | 62 |
| BAB 6 TANTANGAN, PELUANG DAN MASA DEPAN DRONE DI BIDANG KEHUTANAN ..... | 72 |
| A. Keterbatasan Teknis dan Operasional .....                            | 72 |
| B. Inovasi dan Tren Teknologi.....                                      | 73 |
| BAB 6 PENUTUP.....  | 75 |
| A. Kesimpulan .....   | 75 |
| B. Rekomendasi.....   | 76 |
| DAFTAR PUSTAKA.....   | 77 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 3. 1. Rekomendasi Standar Teknis Perencanaan Misi untuk Pemetaan Hutan..... | 16 |
|---|----|

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1. 1. Hasil mozaik citra pengambilan data drone .....                                   | 2  |
| Gambar 1. 2. Penampakan hasil foto drone yang dikemas untuk publikasi.....                     | 4  |
| Gambar 2. 1. Parrot AR Drone (2010).....   | 9  |
| Gambar 2. 2. Drone jenis <i>Fixed Wing</i> .....   | 9  |
| Gambar 2. 3. Drone <i>Multicopter</i> .....  | 10 |
| Gambar 2. 4. <i>Remote Control Drone</i> .....   | 11 |
| Gambar 2. 5. <i>Drone dari berbagai merk</i> .....   | 12 |
| Gambar 4. 1. Penampakan penggunaan Rule of Thirds.....   | 49 |
| Gambar 4. 2. Pengaturan joystick untuk penerbangan drone menggunakan mode 2 .....              | 51 |
| Gambar 4. 3. Penampakan Dolly Zoom.....  | 56 |
| Gambar 4. 4. Penampakan Orbit .....  | 57 |
| Gambar 4. 5. Penampakan Reveal Shot .....  | 58 |
| Gambar 4. 6. Penampakan Tracking Shot .....  | 59 |
| Gambar 4. 7. Penampakan Top Down Shot .....  | 60 |
| Gambar 5. 1. Capaian Tujuan Pembelajaran .....   | 51 |
| Gambar 5. 2. Penilaian Alokasi Waktu Pelatihan .....   | 52 |
| Gambar 5. 3. Penilaian Kegiatan Praktik .....  | 52 |
| Gambar 5. 4. Penilaian Komposisi Kurikulum Pelatihan .....                                     | 53 |
| Gambar 5. 5. Penilaian Pelayanan Panitia Pelaksana Pelatihan.....                              | 54 |
| Gambar 5. 6. Penilaian Fasilitas Sarana dan Prasarana .....                                    | 55 |
| Gambar 5. 7. Pelayanan Konsumsi .....  | 55 |
| Gambar 5. 8. Piagam Penghargaan yang diterima Pusat Diklat SDM, Kementerian Kehutanan<br>..... | 56 |

# BAB 1

## PENDAHULUAN

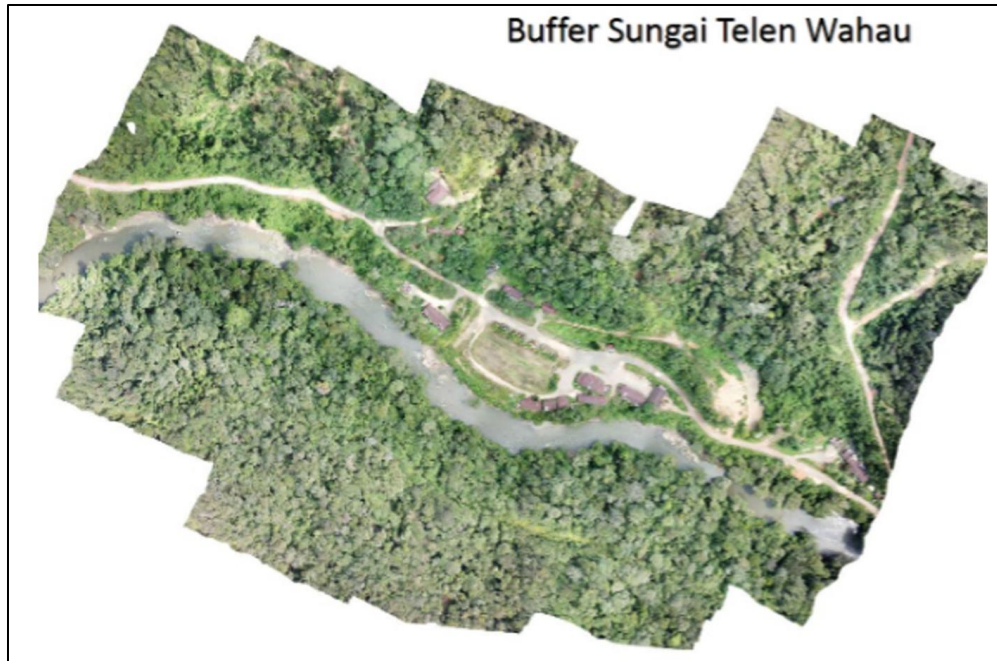
### A. Latar Belakang

Teknologi drone *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang lebih dikenal dengan sebutan drone adalah sebuah mesin terbang atau pesawat tanpa awak yang dapat dikendalikan dari jarak jauh oleh pilot menggunakan remote control atau mampu mengendalikan dirinya sendiri (Basyuni dkk, 2018). Mekanisme terbang drone menggunakan hukum aerodinamika, sehingga alat ini mampu mengendalikan dirinya sendiri, bahkan mampu mengangkut muatan baik senjata maupun muatan lainnya.

Perkembangan teknologi drone (*Unmanned Aerial Vehicle/UAV*) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk kehutanan. Dalam dunia konservasi kehutanan, penggunaan *drone* diperlukan dalam proses pemetaan digital dan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG), untuk memberi gambaran suatu wilayah secara detail yang menjadi acuan untuk memantau, menganalisa, dan memberi rekomendasi untuk pengembangan strategi konservasi yang efektif (Satar, 2022).

Drone kini mampu melakukan pemetaan area hutan dengan cepat, akurat dengan biaya yang lebih rendah dibanding metode konvensional. Jika dilihat dari segi substansi, penggunaan *drone* dianggap lebih menguntungkan karena dapat memberikan gambar dengan tingkat resolusi tinggi dan mampu memberikan data spasial terkini dalam rentang waktu yang lebih cepat. Berbeda dengan satelit yang memerlukan durasi pengambilan gambar secara periodik dalam jangka waktu tertentu. Aplikasi pemetaan dengan *drone* pada kawasan tertentu yang dilakukan secara berkala juga akan jauh lebih murah jika dibandingkan dengan memperoleh data melalui citra satelit resolusi tinggi yang resolusi kurang dari satu meter.

Citra hasil tangkapan *drone* dapat diolah lebih lanjut untuk menghasilkan tampilan visual tiga dimensi dan dengan tambahan *software remote sensing*, maka citra ini dapat diolah sebagai data dasar untuk membangun peta tutupan lahan dan lapisan-lapisan lainnya.



Gambar 1. 1. Hasil mozaik citra pengambilan data drone  
(sumber : Satar, 2022)

Berdasarkan Gambar 1.1. , menunjukkan bahwa citra satelit beresolusi tinggi yang diperoleh dari hasil tangkapan *drone* mampu memberikan gambaran detail sehingga membantu menentukan titik *sampling* yang lebih baik, tanpa harus mengunjungi keseluruhan wilayah. Gambaran yang diambil dengan *drone* untuk pemetaan harus difoto secara tegak lurus dan biasanya dilakukan dengan grid tertentu untuk dapat menangkap gambar keseluruhan dari sebuah wilayah secara terstruktur. Foto-foto ini kemudian diolah lebih lanjut dan menghasilkan sebuah mozaik foto yang menampilkan cakupan area yang lebih luas.

Namun demikian tidak bisa dipungkiri, untuk mengetahui kondisi ril suatu lokasi membutuhkan waktu yang cukup lama, apalagi di sebuah kawasan hutan yang memiliki kerapatan tinggi. Beberapa wilayah bahkan masih sulit dijangkau karena lokasi yang terpencil. Namun, dengan adanya *drone* ini, menjelajah area yang sulit dijangkau tak lagi mustahil dilakukan. Menurut Satar (2022) *drone* ini juga dapat membawa muatan. Kebanyakan *drone*, muatan yang dimaksud adalah kamera untuk pengambilan gambar. Namun, pada kegiatan konservasi, *drone* juga bisa digunakan untuk membawa dan menyebarkan biji tanaman. Sebagai contoh tahun 2019, BioCarbon Engineering yaitu sebuah perusahaan *start-up* yang berbasis di

Inggris ini menggunakan *drone* untuk menyebarkan 25.000 bibit tanaman di Australia, Afrika, dan Selandia Baru.

Contoh pemanfaatan drone lainnya, Komunitas Conservation *Drone* pernah melakukan pemantauan kegiatan konservasi orangutan di Aceh pada 2013. Saat itu, *drone* digunakan untuk menghitung sarang orang utan serta memetakan habitat orang utan. Peran utama *drone* dalam konservasi tak lepas dari fungsinya dalam mendukung dan mengambil data untuk pemetaan.

Disisi lain, drone juga menjadi alat dokumentasi visual yang efektif untuk fotografi dan videografi, yang berperan penting dalam publikasi, sosialisasi, edukasi, dan pelaporan kondisi hutan. Drone mampu menangkap panorama hutan secara luas sekaligus dapat melihat secara detail kondisi tajuk pohon, keberadaan satwa, atau aliran sungai di tengah kawasan. Sudut pandang udara ini memberikan perspektif yang sulit diperoleh dari darat, apalagi jika menemukan medan yang susah untuk dijangkau. Pengambilan gambar dari drone akan menghasilkan visual yang lebih informatif, dramatis, dan menarik secara estetika. Dalam kegiatan publikasi, foto udara dengan resolusi tinggi dapat memperkuat pesan yang ingin disampaikan, membantu mengedukasi masyarakat, dan menumbuhkan kepedulian terhadap pelestarian hutan.

Lebih dari sekadar dokumentasi, foto dan video dari drone dapat disusun menjadi materi komunikasi yang efektif, seperti video profil kawasan konservasi, tur virtual, atau infografis interaktif. Hal ini sangat bermanfaat dalam mendukung kampanye pelestarian hutan, laporan keberhasilan program rehabilitasi, maupun promosi ekowisata berbasis konservasi. Jika ingin menghasilkan video hasil drone berkualitas yang tinggi untuk sebuah proyek, maka perlu mempersiapkan perencanaan yang matang, misalnya selalu periksa kondisi cuaca sebelum menerbangkan drone. Drone bisa terbang cukup baik ketika ada angin, tetapi jika angin bertiup terlalu keras atau turun hujan dan merasa tidak nyaman terbang, maka tunggu sampai angin mereda atau hujan berhenti. Keadaan terbang dalam angin kencang bisa tidak aman dan sangat mungkin menghasilkan rekaman yang tidak dapat digunakan (Papilaya, 2015)



Gambar 1. 2. Penampakan hasil foto drone yang dikemas untuk publikasi terkait aturan penggunaan drone (sumber : facebook.com/Agus S Maruf)

Menyadari bahwa dokumentasi merupakan hal yang sangat penting dalam rangkaian pelayanan jasa wisata, sebuah Kelompok Sadar Wisata di Gubugklakah Pocokusumo Kabupaten Malang berusaha untuk memberikan bentuk dokumentasi yang menarik dan kreatif, terutama menyesuaikan dengan perkembangan produk digital. Untuk itu mereka bertekad untuk mengembangkan kemampuan dalam pengambilan dan pengolahan gambar dan video digital melalui penggunaan drone dengan mengadakan pelatihan penggunaan drone. Hasil dokumentasi drone sebagai bentuk layanan langsung kepada wisatawan, berupa bahan dan media untuk promosi yang bisa disebar melalui internet dan media sosial, seperti web dan youtube, sehingga kemampuan fotografi dan videografi menjadi penting. (Rofii dkk, 2018)

Penggunaan drone dengan teknologi yang terus berkembang ini memerlukan pemahaman yang mendalam, sehingga drone dapat digunakan secara maksimal agar tidak merugikan baik orang lain maupun diri sendiri akibat drone yang jatuh atau tidak berfungsi sesuai rencana yang telah ditetapkan. Maka untuk keamanan penerbangan, pilot drone harus memahami regulasi/ kebijakan bagaimana ruang udara diatur.

Definisi wilayah udara menurut Undang-Undang No 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan adalah wilayah kedaulatan udara di atas wilayah daratan dan perairan Indonesia. Ruang udara di Indonesia selanjutnya diatur pemerintah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Hal ini dilakukan dalam rangka menjaga kedaulatan negara atau wilayah udara NKRI. Ruang udara tersebut diatur untuk mencapai penyelenggaraan kedaulatan negara untuk kepentingan penerbangan, perekonomian nasional, pertahanan dan keamanan negara, sosial budaya serta lingkungan udara (Gamin dkk, 2024). Pengoperasian wahana udara tanpa awak ini diatur ketat untuk menjaga keselamatan penerbangan, melindungi privasi, dan meminimalkan potensi gangguan terhadap lingkungan maupun masyarakat. Pengetahuan yang baik tentang aturan, seperti batas ketinggian terbang, zona larangan terbang (*no-fly zone*), prosedur perizinan, hingga ketentuan terkait pengambilan gambar, akan membantu pilot mengoperasikan drone secara aman, legal, dan profesional. Pemahaman regulasi juga penting untuk menghindari sanksi hukum, menjaga reputasi, serta memastikan bahwa data atau dokumentasi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai peruntukannya, terutama pada kegiatan yang melibatkan instansi resmi seperti pemetaan, penelitian, maupun publikasi di bidang kehutanan.

Namun, pemanfaatan drone di Indonesia masih menghadapi tantangan seperti keterbatasan keterampilan pilot, minimnya panduan teknis, dan kurangnya pemahaman integrasi data hasil pemetaan, Buku ini diharapkan menjadi panduan praktis dan komprehensif yang menggabungkan teori, teknis, dan studi kasus pemanfaatan drone di bidang kehutanan serta dokumentasi visual.

Dengan buku ini, diharapkan pembaca dapat mempelajari cara menerbangkan drone dengan aman, cara menggunakan dan memaksimalkan penggunaan baik untuk pemetaan ataupun di dunia fotografi dan videografi. Buku ini dapat digunakan oleh penghobi drone, pilot

drone, atau siapapun yang ingin mengetahui bagaimana cara menerbangkan drone dengan aman. Buku ini juga dapat diterapkan untuk semua jenis drone dengan spesifikasi dan data yang memiliki kesamaan, meskipun dalam perkembangannya setiap drone memiliki fitur yang semakin canggih, buku ini bisa digunakan sebagai dasar untuk pengoperasian drone tersebut.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, beberapa hal yang dapat dirumuskan dari rancangan buku ini, diantaranya :

1. Bagaimana peran drone dalam kegiatan pemetaan hutan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mendukung pengelolaan kawasan hutan ?
2. Bagaimana pemanfaatan drone dalam menghasilkan dokumentasi visual (fotografi dan videografi) yang efektif untuk publikasi, sosialisasi dan edukasi pelestarian hutan ?
3. Bagaimana mengatasi keterbatasan pengetahuan dan keterampilan pilot drone di bidang kehutanan ?
4. Bagaimana strategi integrasi hasil pemetaan dan dokumentasi visual untuk mendukung kegiatan konservasi dan peningkatan kesadaran publik ?

## **C. Tujuan**

1. Menyediakan panduan komprehensif penggunaan drone untuk pemetaan hutan berbasis SIG
2. Menguraikan teknik dan strategi dokumentasi visual (fotografi dan videografi) dengan drone untuk mendukung publikasi dan edukasi pelestarian hutan
3. Meningkatkan keterampilan operator drone di sektor kehutanan
4. Mendorong pemanfaatan drone sebagai alat strategis dalam konservasi hutan melalui pemetaan dan dokumentasi visual yang berkualitas.

#### **D. Manfaat**

1. **Bagi Pemerintah**

Pemerintah memiliki peran penting dalam menyusun regulasi, memberikan ijin dan memastikan penggunaan drone sesuai dengan aturan yang berlaku. Dalam hal ini drone di bidang kehutanan digunakan untuk kegiatan pemantauan sumber daya hutan, pemantauan kebakaran hutan, inventarisasi hutan, pemetaan lahan serta pengawasan aktivitas illegal, sehingga buku ini akan sangat bermanfaat dalam mendukung kegiatan pengawasan hutan menyeluruh secara efisien.

2. **Bagi Akademis**

Drone dapat digunakan untuk mengambil gambar udara dari berbagai lanskap sehingga buku ini dapat bermanfaat bagi dunia akademis yaitu menjadi referensi pembelajaran, memfasilitasi penelitian, mengembangkan keterampilan dan meningkatkan motivasi belajar.

3. **Bagi Praktisi Lapangan**

Di dunia lapangan, drone digunakan untuk survei, pemetaan, pemantauan dan pengawasan di area yang sulit, berbahaya atau jangkauan luas, sehingga buku ini akan bermanfaat bagi praktisi lapangan dalam mempermudah pekerjaan pemetaan dan dokumentasi dalam hal penyediaan panduan praktik pengambilan data lapangan yang efisien dan efektif.

4. **Bagi Masyarakat Umum**

Drone memberikan banyak manfaat bagi masyarakat umum baik dibidang kehutanan maupun non-kehutanan, seperti untuk kegiatan pemetaan, pengawasan, pengiriman barang, dan masih banyak lagi, yang semuanya dapat meningkatkan efisiensi, keselamatan dan produktivitas. Untuk itu, buku ini berharap dapat bermanfaat bagi masyarakat umum dalam memberikan wawasan tentang pentingnya teknologi drone untuk lingkungan.

## BAB 2

### DASAR-DASAR TEKNOLOGI DRONE

#### A. Pengertian dan Sejarah Drone

Drone merupakan Pesawat Udara Tanpa Awak (PUTA) atau bahasa lainnya *unmanned aerial vehicle* (UAV) yang dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan system digital atau *remote control*. Dalam beberapa kondisi, drone ini dikendalikan jarak jauh oleh penerbang (pilot) dan dengan kecanggihan system operasinya juga mampu mengendalikan dirinya sendiri (autopilot). Prinsip dasar pengoperasian alat ini adalah dengan menggunakan hukum aerodinamika sehingga mampu terbang sesuai dengan jalur terbang yang telah ditentukan atau diarahkan.

*Wikipedia* mencatat bahwa penggunaan drone sebenarnya telah lama diterapkan mulai pada perang dunia pertama. Austria menjadi negara pertama yang diketahui menggunakan drone saat menyerang Italia pada 22 Agustus 1849. Saat itu, drone masih berbentuk balon udara dengan perlengkapan bahan peledak di dalamnya. Sementara drone yang benar-benar sebagai pesawat tanpa awak pertama dirancang menjelang berakhirnya perang dunia pertama. Saat itu, pesawat bernama *Hewitt-Sperry Automatic Airplane* menjadi model pertama yang sukses terbang di angkasa. Kontrol pesawat ini masih menggunakan *gyroscope*.

Setelah itu, muncullah pesawat kontrol yang kini dikenal sebagai mainan *RC (Radio Control)*. Reginald Denny memproduksi pesawat jenis ini secara massal dan menyuplai ketersediaannya kepada *Royal Flying Corps* selama perang dunia pertama. Setelah itu, perusahaan tersebut berubah menjadi pembuat *Radioplane* yang kemudian menjadi drone penarget. Sedangkan menurut Fortune, dunia kemiliteran telah mengenal pesawat drone canggih mulai pada 1995. Pesawat *General Atomics M-Q-1 Predator* mulai menjalani debutnya. Hingga kini, pesawat tersebut masih digunakan untuk kegiatan pemantauan maupun mata-mata.

Barulah pada 2010, *Parrot* memperkenalkan AR Drone yang bisa dikendalikan melalui perangkat smartphone. Drone ini mengusung model *quadcopter* yakni berbaling-baling empat. Saat itu, *Parrot* pertama kali memperkenalkan AR Drone di ajang *Consumer Electronics Show* di

Las Vegas. Setelah Parrot, Bos Amazon, Jeff Bezos, memperkenalkan sebuah drone yang dikatakan mampu digunakan untuk mengantar makanan. Citra drone yang dahulu sempat lekat dengan peralatan militer, kini mulai banyak dimiliki oleh warga sipil.



Gambar 2. 1. Parrot AR Drone (2010)

(Sumber : <https://www.engadget.com/2010-07-29-parrot-ar-drone-now-available-for-pre-order-shipping-september.html>)

Drone yang tersedia setelah munculnya model *quadcopter*, banyak digunakan untuk keperluan syuting film, dokumentasi, fotografi, pemetaan wilayah atau bahkan sekadar hobi. *Parrot* dan *DJI* merupakan dua nama besar yang kini berada di pasar pesawat tanpa awak. Selain itu, ada pula merek lain seperti *GoPro Karma* dan *Intel* yang kini mulai menjajaki bisnis di udara.

## B. Jenis-jenis Drone untuk Kehutanan

Berdasarkan baling-balingnya, terdapat dua jenis drone, yaitu :

### a) *Fixed wing Drone* ( Tunggal)

Drone jenis ini berbentuk seperti pesawat komersial dan digunakan untuk proses yang cepat, daya jangkau lebih cepat serta lebih luas, biasanya untuk pemetaan (*mapping*) atau konsepnya seperti *scanning*. Drone jenis *Fixed wing* memiliki energi lebih irit baterai karena single baling baling.



Gambar 2. 2. Drone jenis *Fixed Wing*

(Sumber: <https://terra-drone.co.id/fixed-wing/>)

b) *Multicopter Drone* (Multi)

Untuk Anda yang ingin membuat video yang bagus sangat cocok memilih drone yang multicopter dikarenakan lebih stabil dan daya angkut serta kekuatan untuk mengangkat beban (kamera) bisa yang lebih berat. Semakin banyak baling baling semakin stabil dan lebih aman.



Gambar 2. 3. Drone *Multicopter*

(Sumber : [ardupilot.org](http://ardupilot.org), [id.aliexpress.com](http://id.aliexpress.com), [kaskus.co.id](http://kaskus.co.id))

Jenis baling baling :

- a. 3 baling baling (*Tricopter*)
- b. 4 baling baling (*Quadcopter*)
- c. 6 baling baling (*HexaCopter*)
- d. 8 Baling baling (*Octacopter*)

Secara umum cara kerja drone dalam hal terbang mengikuti hukum aerodinamika, dimana pada saat pesawat mengudara, terdapat 4 gaya utama yang bekerja pada pesawat, yakni gaya dorong (*thrust*), hambat (*drag*), angkat (*lift*), dan berat pesawat (*weight*). Sedangkan di sistem kontrol menggunakan *smartphone* karena drone memiliki *chip* komputer namun lebih kompleks. *Chip* ini membuat drone dapat mengolah gambar dari kamera yang terpasang padanya kemudian mengirimkan hasilnya ke *smartphone* yang digunakan

sebagai kontrol. Bentuknya jika di *smartphone* mirip aplikasi dan memang aplikasi namun bawaan dari merek drone itu sendiri. Gambar yang di kirimkan oleh *chip* drone adalah *real time* dan resolusinya bisa diatur sesuai spesifikasi drone

### C. Komponen Utama Drone

Tidak dapat dipungkiri bahwa saat ini hampir semua orang atau dunia pekerjaan mulai menggunakan drone untuk memudahkan dalam membantu menyelesaikan pekerjaannya. Sebagai salah satu teknologi canggih dalam pengambilan gambar, terdapat dua bagian utama dalam pengoperasian drone :

#### a. Remote Control (RC)

*Remote control* dan *transmitter* drone adalah dua komponen drone yang memiliki fungsi sangat penting. Komponen inilah yang menjadi kunci bagaimana sebuah drone bisa terbang di udara. Remote control digerakkan dari jarak jauh sesuai kehendak pilot. Remote yang digerakkan oleh pilot akan memancarkan sinyal kepada drone yang sedang melayang di udara. Sinyal inilah yang dikirim oleh transmitter drone kepada *receiver* yang melekat pada drone.

Setelah sinyal diterima, *receiver* akan menjalankan tugas untuk menerjemahkan sinyal yang ditangkap. Kemudian, drone akan bergerak atau melakukan pekerjaan sesuai gerakan remote yang dilakukan oleh pilot.



Gambar 2. 4 Remote Control Drone

(Sumber : tokopedia.com)

#### b. Drone/wahana pesawat

Drone atau wahana pesawat merupakan bagian penting dari sistem pengambilan foto udara. Dengan kecanggihannya yang dimiliki, didalam drone ini juga telah tertanam *transmitter* yang berfungsi untuk menangkap sinyal radio yang dipancarkan oleh *remote*

*control*. Drone yang beredar dipasaran ini telah memiliki spesifikasi yang beragam dengan harga yang bervariasi. Mulai yang sesuai untuk hobi fotografi, video dokumentasi hingga dengan tujuan untuk pemetaan wilayah. Beberapa merk drone yang saat ini paling laris dipasaran diantaranya adalah dari keluaran DJI, Parrot, Brica hingga Xiaomi. Masing-masing seri memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, sehingga user harus jeli membeli sesuai dengan kebutuhan dan tujuan peruntukannya.



Gambar 2. 5. Drone dari berbagai merk  
(DJI Mavic 2 Pro, DJI Phantom 4 Pro, Xiaomi Drone 4K)

(Sumber : shopee.com)

Dalam menjalankan sistem kerjanya drone memiliki beberapa komponen penting yang perlu kita ketahui yaitu :

a) *Flight Controller*

*Flight Controller* atau sering dikenal sebagai autopilot adalah otak dari sebuah drone, berfungsi sebagai pengendali utama WTA yang telah diprogram sedemikian rupa untuk menjalankan misi penerbangan. *Autopilot* memiliki beberapa sensor seperti *IMU (Gyro)*, Kompas, *GPS*, dan sensor lainnya yang dapat di sesuaikan. *Autopilot* akan memproses hasil input data dari sensor, dan komponen lainnya untuk menghasilkan output tertentu. Adapun beberapa jenis *Flight Controller* adalah *Pixhawk*, *APM*, *DJI NAZA*, *Multiwi*, *PAPARAZI* dan sebagainya.

b) Motor

Motor adalah penggerak dari sebuah drone dengan tipe *copter* yang berfungsi untuk memutar baling-baling atau *propeller* sehingga memiliki daya angkat. Jumlah motor ini tergantung dengan tipe *copter* dari drone. Ada yang 3, 4, 6 ataupun 8. Pada badan motor sendiri terdapat ukuran dan besar Kv. Semakin tinggi Kv maka kebutuhan arus

- yang diambil dari baterai akan semakin besar namun kecepatan drone juga akan semakin meningkat.
- c) Kamera  
Kamera merupakan bagian penting dari drone yang akan menentukan kualitas gambar yang akan dihasilkan. Salah satu point penting dari spesifikasi kamera drone adalah pixel size dari gambar yang dihasilkan. Semakin besar pixel size nya maka kualitas gambar yang dihasilkan juga akan semakin baik. Akan tetapi biasanya ini akan berbading lurus dengan harga drone itu sendiri.
  - d) *Global Positioning System (GPS)*  
Dalam sistem kerja drone, GPS memiliki peran penting khususnya dalam mendeteksi posisi dari wahana saat terbang ataupun ketika proses pengambilan foto. Selain untuk mengetahui posisi wahana saat terbang sehingga memudahkan dalam pemantauan, GPS juga sangat bermanfaat untuk proses analisis dan akurasi posisi foto udara yang diperoleh. Citra/gambar yang dihasilkan dapat digunakan untuk analisis keruangan/wilayah sesuai dengan kondisi tutupan lahan yang terkini.
  - e) Baterai  
Baterai merupakan bagian penting yang akan menentukan seberapa lama cadanga energy dari drone dapat digunakan untuk terbang. Baterai disini tersedia baik pada *remote control* maupun di wahana drone sendiri. Semakin besar kapasitas simpan baterai maka akan semakin lama drone dapat digunakan untuk mengudara. Jneis baterai yang digunakan drone umumny adalah *Lithium Polymer* atau biasa disebut LiPo. Untuk saat ini rata-rata baterai dengan kapasitas 3850 mAh dapat digunakan untuk terbang 25-30 menit

#### **D. Regulasi Penggunaan Drone**

Penggunaan drone tidak hanya berkaitan dengan kemampuan teknis menerbangkan perangkat, tetapi juga menyangkut aspek keselamatan, privasi, keamanan data, serta kepatuhan terhadap aturan ruang udara yang ditetapkan oleh pemerintah, sehingga untuk memahami regulasi dan kebijakan penggunaan drone merupakan aspek yang sangat penting

bagi setiap pilot drone, terutama dalam konteks pemanfaatannya di bidang kehutanan. Regulasi berfungsi sebagai panduan agar setiap operasi drone dapat berjalan tertib, aman, dan tidak mengganggu aktivitas penerbangan lain maupun masyarakat di sekitar wilayah operasi. Dengan memahami regulasi tersebut, operator mampu merencanakan misi terbang dengan lebih bertanggung jawab, meminimalkan risiko hukum, serta mendukung penggunaan drone yang beretika dan berkelanjutan dalam kegiatan pemetaan dan dokumentasi kehutanan. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan :

### 1. Terbang di Wilayah Terlarang



Peraturan penggunaan drone di Indonesia secara tegas melarang pengoperasian drone di sekitar area-area sensitif seperti istana kepresidenan, fasilitas nuklir, dan objek vital nasional lainnya. Jarak aman yang ditetapkan adalah 500 meter dari kawasan tersebut. Penetapan objek vital nasional sebagai wilayah larangan terbang dilakukan oleh Presiden berdasarkan usulan Menteri Pertahanan dan pertimbangan Menteri Perhubungan. Ketentuan ini tertuang dalam Pasal 2 Peraturan Pemerintah RI Nomor 4 Tahun 2018 tentang Pengamanan Wilayah Udara Republik Indonesia.

### 2. Penerbangan Drone di Wilayah Terbatas

Selanjutnya, drone tidak diperbolehkan untuk diterbangkan dalam radius 500 meter di atas udara pada wilayah terbatas atau *restricted area*. Adapun yang termasuk dalam kategori wilayah terbatas ini antara lain, Markas Besar Tentara Nasional Indonesia (TNI), Pangkalan Udara milik (TNI), kawasan untuk latihan militer, kawasan yang masuk dalam operasi militer, kawasan untuk latihan penerbangan dan penembakan militer, kawasan yang digunakan untuk peluncuran satelit dan roket, dan ruang udara yang digunakan untuk penerbangan maupun kegiatan seseorang dengan jabatan setingkat kepala negara dan/atau kepala pemerintahan. Apabila pengguna drone melanggar ketentuan atau terbang di wilayah tersebut maka akan dikenai denda administratif sampai dengan Rp 5 miliar. Hal itu tercantum dalam PP RI No.4 Tahun 2018 tentang Pengamanan Wilayah Udara Republik Indonesia.

### 3. Aturan Penggunaan Drone di Indonesia (Area Bandara)

Selain di area terbatas, aturan penerbangan drone menjelaskan jika drone tidak boleh diterbangkan di area sekitar bandara. Dalam hal ini baik itu wilayah daratan, perairan, dan juga ruang udara. Tujuannya tak lain agar keselamatan penerbangan lebih aman dan terjamin. Drone pun dilarang untuk diterbangkan di area *controlled airspace*. Wilayah ini merupakan daerah operasional layanan panduan lalu lintas penerbangan atau *Air Traffic Control* (ATC). Termasuk juga daerah layanan informasi penerbangan atau *flight information service* dan layanan kesiagaan penerbangan atau *alerting service*.

#### 4. Perizinan untuk Komersial dan Non Hobi

Peraturan penggunaan drone di Indonesia mengatur secara khusus mengenai perizinan bagi drone yang digunakan untuk kegiatan komersial. Penggunaan drone untuk rekreasi atau hobi umumnya tidak memerlukan perizinan. Dalam aturan dijelaskan mengenai pengoperasian drone untuk komersial perlu mencantumkan sertifikasi maupun surat izin. Terlebih lagi jika drone yang digunakan memiliki berat yang lebih dari 25 kilogram (55 lbs).

#### Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 37 Tahun 2020 tentang Pengoperasian Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara Yang Dilayani Indonesia



Saat ini regulasi penerbangan bukan hanya mengatur penerbangan angkutan udara tetapi juga pengoperasian terhadap sistem pesawat udara tanpa awak/ drone. Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 37 Tahun 2020 menggantikan aturan sebelumnya Peraturan Menteri Perhubungan No. 47 Tahun 2016 & No. 180 Tahun 2015. Menurut Menteri Perhubungan, pengguna drone perlu mengetahui dengan baik regulasi karena tujuan penggunaannya yang mulai beragam. Berikut

beberapa hal yang diatur dalam pengoperasian drone di ruang udara terbuka :

1. Pengoperasian di *Controlled Airspace* harus atas persetujuan Direktur Jenderal.
2. Pengoperasian di *Uncontrolled Airspace* dengan ketinggian lebih dari 400 feet (120 meter) [sebelumnya 500 feet (150 meter)] harus atas persetujuan Direktur Jenderal.
3. Pengoperasian di *Uncontrolled Airspace* dengan ketinggian kurang dari 400 feet (120 meter) [sebelumnya 500 feet (150 meter)] tidak memerlukan persetujuan.

4. Pengoperasian di Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP), termasuk bandara yang belum memiliki KKOP, harus atas persetujuan Direktur Jenderal.
5. Pengoperasian di dalam radius 3 NM dari helipad di luar KKOP, harus atas persetujuan Direktur Jenderal.
6. Pengoperasian di *Prohibited & Restricted Area*, harus atas persetujuan Direktur Jenderal dan instansi yang berwenang pada kawasan tersebut.

Peraturan Menteri Perhubungan No PM 37 Tahun 2020 memberikan potensi dan atensi lebih untuk melakukan aktivitas operasi yang sebelumnya tidak diakomodir aturan lama, seperti :

1. Drone dapat dioperasikan secara *Beyond Visual Line of Sight* (BVLOS) dengan syarat drone dilengkapi sistem *Detect & Avoid* (DAA) serta memiliki kemampuan *tracking system* (CASR 107.31 menjelaskan bahwa drone hanya boleh dioperasikan secara *Visual Line of Sight* (VLOS)).
2. Drone dapat dioperasikan pada malam hari dengan syarat sudah melalui penilaian keselamatan (*safety assessment*) dan mendapat persetujuan dari Direktur Jenderal (CASR 107.29 menjelaskan bahwa drone hanya boleh dioperasikan pada siang hari).
3. Drone dapat dioperasikan di area pemukiman dengan syarat sudah melalui penilaian keselamatan, dijamin asuransi, kemampuan drone tertentu, serta jalur terbang yang sudah disetujui Direktur Jenderal (CASR 107.39 menjelaskan bahwa drone tidak boleh dioperasikan di atas manusia yang tidak terlibat dalam kegiatan, atau tidak terlindung oleh struktur bangunan).
4. Drone dapat dioperasikan untuk keperluan pengangkutan barang muatan (kargo) dengan syarat ketentuan standar keselamatan dan keamanan penerbangan terpenuhi (CASR 107 tidak menjelaskan mengenai penggunaan drone untuk pengangkutan barang muatan).

### **Standar Operasional Prosedur (SOP)**

SOP bagi penerbangan drone juga diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 37 Tahun 2020 antara lain:

1. Prosedur penilaian faktor kondisi lingkungan sebelum pengoperasian drone (kondisi meteorologi, temperatur udara, dan potensi gangguan interferensi elektromagnetik).
2. Prosedur koordinasi yang dilakukan sebelum, selama, dan sesudah pengoperasian.
3. Prosedur komunikasi antara remote pilot dengan unit pelayanan navigasi penerbangan.
4. Prosedur *emergency* dan kontinjensi yang tidak menimbulkan risiko keselamatan.

### **Pengawasan & Sanksi**

1. Pengawasan dilakukan oleh Direktorat Jenderal (Inspektur Penerbangan) & instansi terkait, serta berdasarkan informasi pengaduan dari masyarakat (*whistleblowing*).
2. Objek pengawasan mencakup penetapan, rencana terbang, registrasi dan kelaikudaraan, sertifikat operator dan remote pilot, serta izin keamanan (*security clearance*).
3. Atas pengoperasian drone yang melanggar keamanan, mengancam keselamatan, memiliki dampak ancaman strategis, tidak memiliki persetujuan, dan menyimpang dari persetujuan yang diberikan, operator dapat dikenakan sanksi berupa sanksi pidana, sanksi administratif (pencabutan izin & daftar hitam), serta pengenaan tindakan secara paksa.

### **Peraturan Menteri Perhubungan No PM 63 Tahun 2021 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 107 tentang Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak**



Guna mengendalikan serta melakukan fungsi pengawasan tentang pengoperasian pesawat udara kecil tanpa awak/drone lahirah Permenhub No. PM 63 Tahun 2021, yang mengatur tentang keselamatan penerbangan sipil khususnya bagian 107 tentang sistem pesawat udara tanpa awak/drone. Pertimbangan Permenhub PM 63 Tahun 2021 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 107 tentang Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak, dilatarbelakangi oleh pengendalian dan pengawasan pengoperasian Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak di Indonesia, perlu membentuk Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 107 tentang Sistem Pesawat

Udara Kecil Tanpa Awak, selain itu Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 163 Tahun 2015 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 107 (*Civil Aviation Safety Regulation Part 107*) tentang Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak (*Small Unmanned Aircraft System*) sudah tidak sesuai dengan perkembangan teknologi Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak dan adanya kebutuhan hukum masyarakat, sehingga perlu diganti. Sistem pesawat udara tanpa awak dengan kamera dilarang beroperasi pada jarak kurang dari 500 m dari batas terluar suatu kawasan udara terlarang atau kawasan udara terbatas. Dalam hal sistem pesawat udara tanpa awak digunakan untuk kepentingan pemotretan, pemfilman atau pemetaan, operator harus melampirkan surat izin dari institusi/pihak yang berwenang sesuai ketentuan peraturan atau perundang – undangan yang berlaku.

Selain itu, proses perizinan juga sedikit berubah. Sebelumnya, peran Perum LPPNPI adalah untuk memberikan rekomendasi pengoperasian kepada Direktur Jenderal. Namun, peraturan terbaru menjelaskan bahwa peran Perum LPPNPI adalah untuk melakukan penilaian keselamatan yang mencakup *obstacle assessment* dan kondisi operasional pelayanan navigasi penerbangan. Perihal lain menyangkut perizinan bagi WTA/drone di tanah air juga membahas terkait:

1. *Security Clearance (SC)* juga dibahas di peraturan ini dimana operator yang melakukan kegiatan survey udara, pemetaan dan/atau foto udara pada wilayah tertentu harus memilikinya.
2. Kawasan udara terlarang (*prohibited area*) adalah ruang udara tertentu di atas daratan dan/atau perairan, dengan pembatasan yang bersifat permanen dan menyeluruh bagi semua pesawat udara.
3. Kawasan udara terbatas (*restricted area*) adalah ruang udara tertentu di atas daratan dan/atau perairan dengan pembatasan bersifat tidak tetap dan hanya dapat digunakan untuk operasi penerbangan negara dan pada waktu tidak digunakan (tidak aktif), kawasan ini dapat dipergunakan untuk penerbangan sipil.
4. Kawasan keselamatan operasi penerbangan adalah wilayah daratan dan/atau perairan serta ruang udara di sekitar bandar udara yang digunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan.

5. *Controlled airspace* adalah jenis ruang udara yang diberikan pelayanan lalu lintas penerbangan berupa pelayanan pemanduan lalu lintas penerbangan (*air traffic control service*), pelayanan informasi penerbangan (*flight information service*) dan pelayanan kesiagaan (*alerting service*).
6. *Uncontrolled airspace* adalah jenis ruang udara yang diberikan pelayanan lalu lintas penerbangan berupa pelayanan informasi penerbangan (*flight information service*), pelayanan kesiagaan (*alerting service*) dan pelayanan saran lalu lintas penerbangan (*air traffic advisory service*).
7. Operator adalah pihak terkait yang mencakup instansi pemerintah, BUMN, swasta maupun perorangan yang berperan dalam bidang industri, penelitian dan pengembangan teknologi, penyedia jasa, pihak yang dalam menjalankan tugas/usahanya memanfaatkan teknologi, komunitas hobi atau pribadi.

Rencana penerbangan bagi sistem pesawat udara tanpa awak sebagaimana dimaksud sekurang kurangnya harus memuat informasi sebagai berikut :

1. identifikasi pesawat;
2. jenis pengoperasian (uji performa, patroli, survei, pemetaan, fotografi, pertanian, ekspedisi dll.);
3. peralatan yang dibawa (kamera, sprayer dll.);
4. tempat/titik lepas landas;
5. rute penerbangan;
6. *cruising speed*;
7. *cruising level*;
8. tempat /titik pendaratan;
9. tempat /titik alternatif pendaratan;
10. *estimated operation time*;
11. ketahanan baterai/bahan bakar;
12. jangkauan jelajah pengoperasian;
13. area manuver pengoperasian.

## BAB 3

### PEMETAAN KAWASAN HUTAN BERBASIS SIG DENGAN DRONE

#### A. Konsep Pemetaan Udara

Pemetaan udara adalah proses pengambilan dan pembuatan peta atau survei wilayah daratan atau medan yang luas dari perspektif udara, biasanya menggunakan sistem pesawat tanpa awak (UAS) seperti drone yang dilengkapi kamera atau sensor pencitraan lainnya. Dalam konteks kehutanan, pemetaan udara menjadi alat strategis karena mampu menyajikan informasi kondisi hutan secara cepat, akurat, dan berkesinambungan. Drone memungkinkan pengambilan gambar tegakan, tutupan lahan, batas kawasan, alur sungai, hingga gambaran kondisi topografi dengan tingkat detail yang sulit dicapai oleh pengukuran konvensional. Data citra udara yang dihasilkan dapat diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga analisis spasial seperti perhitungan luas penutupan hutan, deteksi perubahan (*change detection*), identifikasi kerusakan, pemetaan biomassa, hingga pemodelan 3D dapat dilakukan dengan lebih efisien. Konsep utama dalam pemetaan udara meliputi prinsip fotogrametri, georeferensi, perencanaan jalur terbang, serta standarisasi kualitas citra.

#### B. Perencanaan Misi Terbang

Perencanaan misi terbang (*flight planning*) adalah proses membuat rute dan jadwal penerbangan yang aman dan efisien, baik untuk pesawat konvensional maupun drone, yang mencakup penentuan jalur, ketinggian, kecepatan drone, tingkat tumpang tindih (*overlap*) serta pemilihan lokasi lepas landas dan mendarat. Dalam pemetaan hutan, perencanaan sering kali disesuaikan dengan faktor alam seperti kepadatan vegetasi, kondisi cahaya, serta potensi gangguan cuaca. Orientasi jalur terbang (*flight path*) juga harus memperhatikan kontur kawasan hutan yang mungkin memiliki topografi tidak rata. Selain itu, perencanaan harus mengikuti regulasi keselamatan penerbangan, termasuk memastikan zona aman, ketersediaan titik lepas landas dan pendaratan (*take-off & landing point*), serta mitigasi risiko seperti kehilangan sinyal atau kehabisan baterai. Perangkat lunak seperti DJI GS Pro, Pix4D Capture, Map Pilot atau Drone

Deploy sering digunakan untuk merancang misi secara digital sebelum pelaksanaan di lapangan.

Langkah-langkah perencanaan misi terbang :

- **Tentukan tujuan misi:** Pahami data apa yang dibutuhkan (misalnya, untuk pemetaan, survei, inspeksi) untuk menentukan *payload* dan jenis drone yang paling sesuai.
- **Siapkan perangkat lunak:** Gunakan perangkat lunak perencanaan penerbangan (seperti aplikasi Drone Deploy atau *Mission Planner*) dan hubungkan ke drone dan *remote control*.
- **Pilih lokasi:** Tentukan area misi dengan cara menggeser peta dan menyesuaikan zoom. Anda bisa menggambar poligon untuk menentukan area yang akan dipotret atau diperiksa.
- **Konfigurasi penerbangan:**
  - **Ketinggian:** Sesuaikan ketinggian berdasarkan kebutuhan akurasi data dan topografi. Ketinggian yang lebih tinggi mengurangi resolusi gambar, tetapi dapat menghemat waktu.
  - **Kecepatan:** Atur kecepatan drone agar optimal sesuai misi.
  - **Tumpang tindih (*Overlap*):** Tingkatkan tumpang tindih antar foto untuk memastikan data yang akurat dan detail.
  - **Pola terbang:** Pilih pola terbang yang sesuai (misalnya, grid untuk area luas atau linear untuk area sempit seperti jalan atau pipa).
- **Atur parameter kamera:** Sesuaikan pengaturan kamera, seperti sudut kamera dan parameter sensor, sesuai dengan kebutuhan misi.
- **Tentukan zona terbang:** Definisikan area terlarang (zona eksklusif) dan zona diizinkan (zona inklusif) jika diperlukan untuk menghindari area berbahaya.
- **Periksa lokasi lepas landas dan mendarat:** Pastikan area *take-off* dan *landing* aman, jauh dari halangan seperti pohon atau bangunan, dan cukup luas untuk pergerakan drone.
- **Tinjau rencana:** Tinjau seluruh rencana dengan tim untuk mengidentifikasi potensi masalah atau inefisiensi sebelum misi dimulai.

Berikut gambaran umum standar teknis yang sering digunakan dalam pemetaan kawasan hutan berbasis drone yang dapat dijadikan pedoman dalam membuat misi terbang. Data bisa disesuaikan kembali berdasarkan kebutuhan lembaga atau kondisi lapangan.

Tabel 3. 1. Rekomendasi Standar Teknis Perencanaan Misi untuk Pemetaan Hutan

| Komponen                                       | Rekomendasi Standar                        | Keterangan   |
|--|--|--|
| Ketinggian Terbang                             | 80–120 meter AGL                           | Menyesuaikan topografi dan kepadatan kanopi hutan                      |
| <i>Front Overlap</i>                           | 75–85%                                     | Penting untuk proses <i>mosaicking</i> dan akurasi fotogrametri        |
| <i>Side Overlap</i>                            | 65–80%                                     | Overlap lebih tinggi diperlukan untuk area bergelombang                |
| Resolusi <i>Ground Sampling Distance</i> (GSD) | 3–8 cm/pixel                               | Disesuaikan dengan tujuan pemetaan (detail tegakan atau batas kawasan) |
| Sensor Kamera                                  | RGB 20 MP atau multispektral               | Kamera multispektral untuk analisis vegetasi                           |
| Kecepatan Terbang                              | 3–7 m/s                                    | Bergantung kondisi angin dan kestabilan drone                          |
| Waktu Pengambilan Data                         | Pagi (09.00–11.00) atau sore (14.00–16.00) | Meminimalkan bayangan tajam di area berkanopi                          |
| GCP ( <i>Ground Control Point</i> )            | 5–10 GCP tergantung luas area              | Meningkatkan akurasi horizontal dan vertikal                           |
| Format Output                                  | Orthomosaic, DSM, DTM, <i>Point Cloud</i>  | Untuk kebutuhan analisis lanjutan SIG                                  |
| Perangkat Pengolahan                           | Agisoft Metashape, Pix4D, DJI Terra        | Fotogrametri dan rekonstruksi 3D                                       |
| Perangkat SIG                                  | QGIS, ArcGIS                               | Analisis peta tematik dan interpretasi spasial                         |

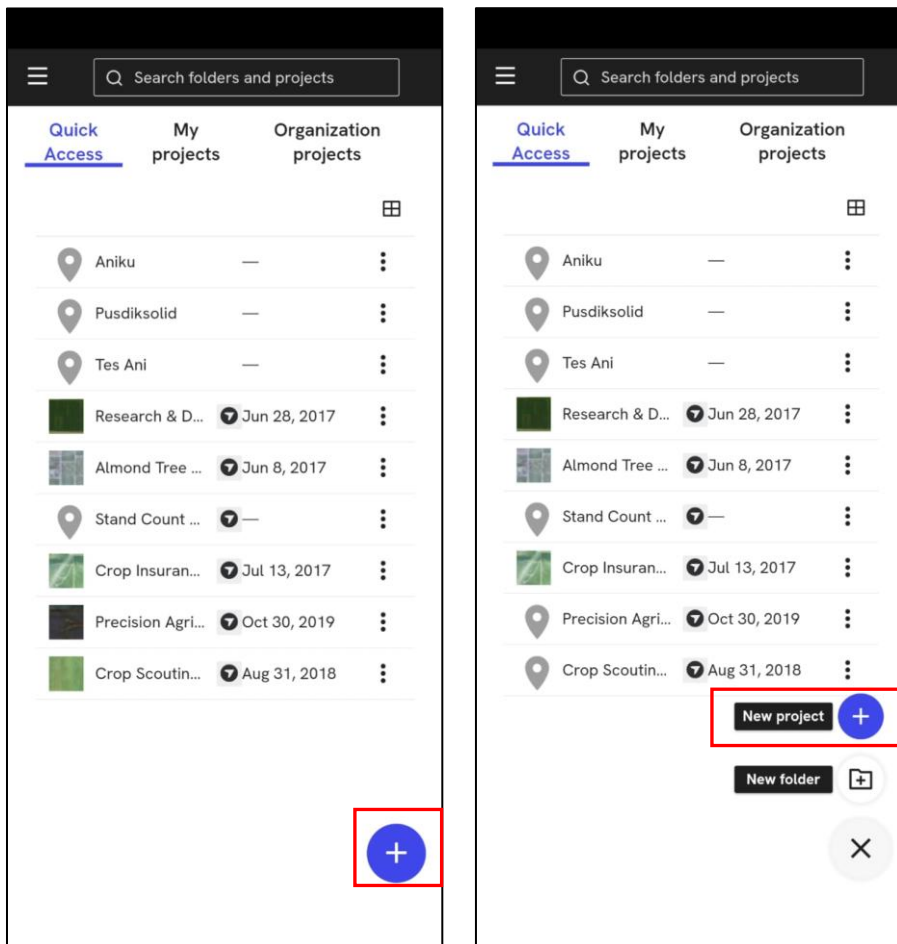
### C. Teknik Pengambilan Data Spasial

Teknik pengambilan data spasial di lapangan memerlukan kesesuaian antara peralatan, parameter kamera, serta kondisi lingkungan. Pilot harus memastikan drone terbang stabil di sepanjang rute yang sudah direncanakan, dengan tingkat overlap memadai—umumnya 75–85% overlap depan (*front overlap*) dan 65–80% overlap samping (*side overlap*)—agar data dapat diproses dengan baik dalam perangkat fotogrametri. Pada kawasan hutan dengan kanopi lebat, pemilihan waktu pengambilan gambar sangat penting untuk menghindari bayangan yang dapat

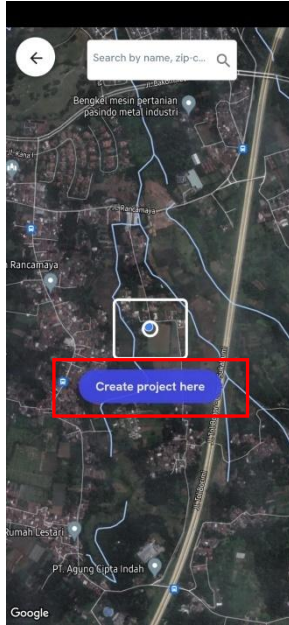
mengganggu proses *mosaicking*. Selain citra RGB standar, beberapa pemetaan kehutanan juga menggunakan sensor multispektral atau thermal untuk analisis vegetasi, kesehatan tegakan, atau deteksi titik panas. Perekaman data harus selalu disertai pencatatan metadata lapangan, seperti kondisi cuaca, ketinggian terbang, sudut kamera, serta koordinat titik kontrol tanah (*Ground Control Point / GCP*) apabila diperlukan untuk meningkatkan akurasi posisi.

Pastikan ponsel Anda sudah terinstal aplikasi **Drone Deploy** untuk siap membuat misi terbang. Setelah instalasi lakukan registrasi akun, baru Anda bisa login masuk ke dalam aplikasi Drone Deploy. Berikut tahapan-tahapan dalam melakukan misi terbang pada aplikasi Drone Deploy menggunakan ponsel :

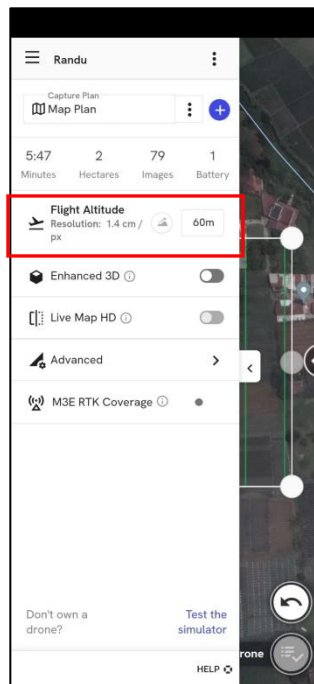
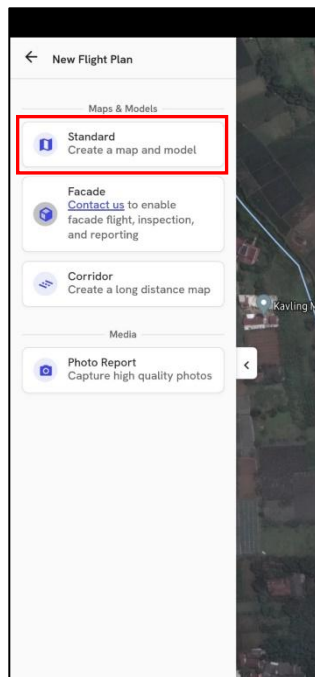
1. Buka aplikasi drone deploy pada ponsel, klik tanda + , lalu pilih new project



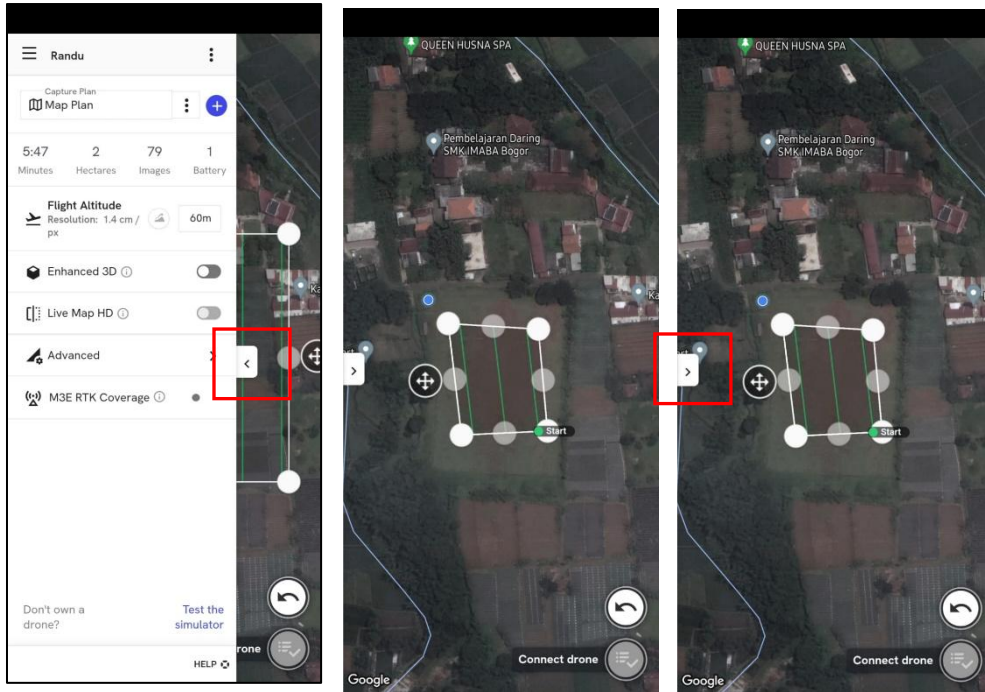
2. Lalu tekan *create project here*, dan tuliskan nama *project* yang diinginkan pada kolom *Project Name* dan lakukan setting pada kolom *Coordinate System* disesuaikan dengan area yang akan diukur, lalu tekan *continue*.



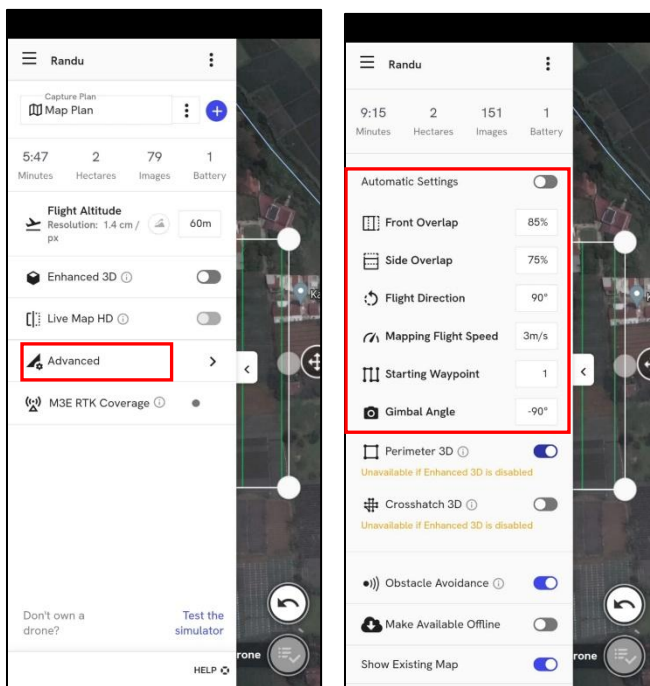
3. Setelah *project* diberi nama, lanjutkan pilih *standard*, dan atur ketinggian yang akan dpetakan pada kolom *Flight Altitude*.



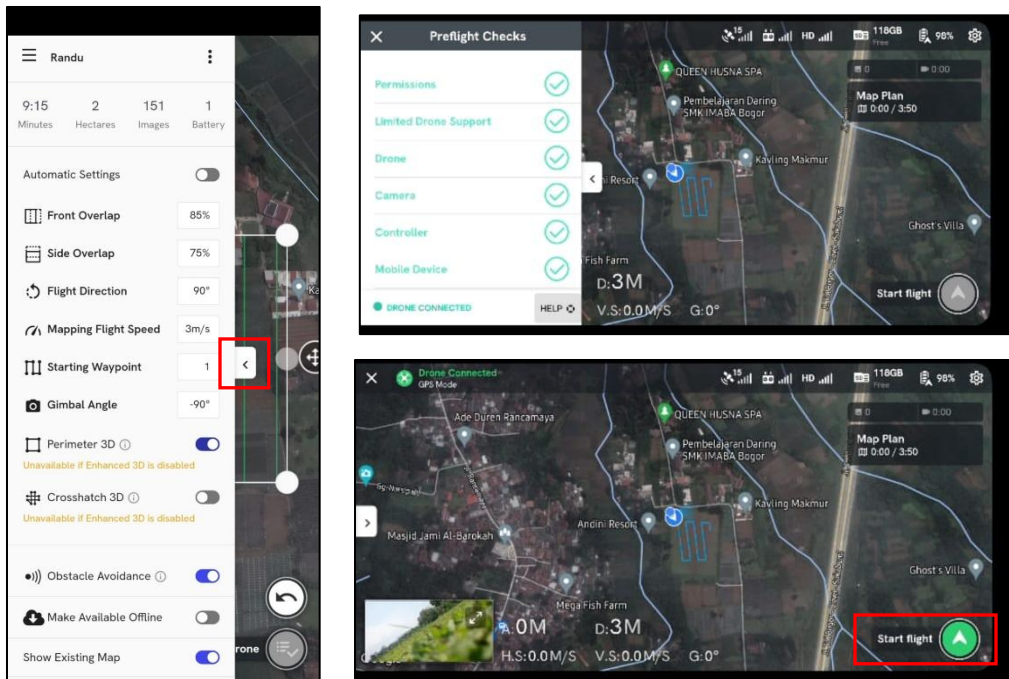
- Setelah mengatur ketinggian, atur area yang akan dipetakan dengan menekan tanda panah, lalu atur denah area dengan perbesar atau perkecil area sesuai yang diinginkan, jika sudah selesai kembali tekan tanda panah untuk pengaturan misi kembali.



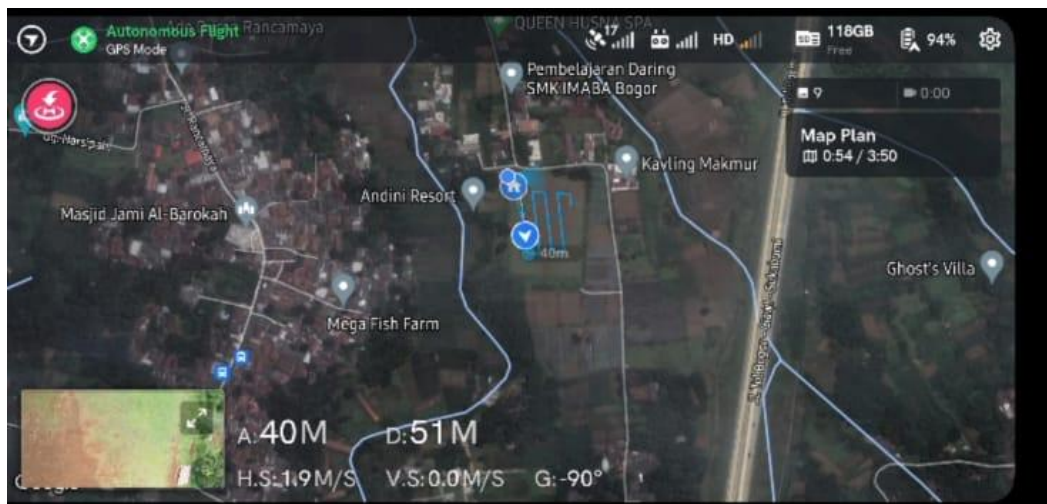
- Kembali ke menu *Map Plan*, pilih *Advanced*, atur kembali misi penerbangan sesuai kebutuhan (tampilan sebagai contoh), sebelumnya non aktifkan *automatic setting*.



6. Jika pengaturan misi penerbangan sudah selesai, kembali pada tampilan utama dengan menekan tanda panah, dan pastikan aircraft drone sudah terhubung, tekan *preflight list*, pastikan semua tanda ceklis berwarna hijau, drone siap untuk diterbangkan. Jika masih ada tanda merah segera cek ulang dan ikuti petunjuk yang muncul disarankan. Setelah itu drone siap untuk terbang dalam pengambilan data dengan tekan *start flight*.



7. Jika pengambilan data foto sudah selesai drone akan kembali ke tepat landasan semula diterbangkan.





#### D. Pengolahan Data Drone

Pengolahan data drone dilakukan dengan perangkat lunak fotogrametri seperti Agisoft Metashape, Pix4D Mapper, atau DJI Terra. Proses dimulai dari mengimpor foto hasil terbang, kemudian dilanjutkan dengan *align photos* (penyamaan posisi foto), pembentukan *point cloud*, hingga rekonstruksi permukaan. Hasil akhir yang dapat diperoleh berupa orthomosaic (citra yang telah terkoreksi geometrik), *Digital Surface Model (DSM)*, *Digital Terrain Model (DTM)*, kontur, peta vegetasi, serta model 3D kawasan hutan. Setelah itu, data dipindahkan ke *platform* SIG seperti QGIS atau ArcGIS untuk analisis lebih lanjut, misalnya perhitungan luas tutupan hutan, analisis kerapatan tanaman, pemantauan perubahan kawasan hutan, serta pembuatan peta tematik. Tahap pengolahan data harus mengikuti standar kualitas, termasuk pengecekan akurasi horizontal dan vertikal, penilaian kualitas titik kontrol tanah (GCP), serta validasi data lapangan agar produk akhir pemetaan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah maupun teknis.

#### Software Pengolahan Data

Agisoft PhotoScan adalah perangkat lunak yang dapat mengidentifikasi titik sekutu mosaik, dan pembuatan DSM secara otomatis. Agisoft PhotoScan merupakan software pengolahan foto udara yang dibuat oleh perusahaan Agisoft LLC, yang didirikan pada tahun 2006 sebagai perusahaan penelitian yang inovatif dengan fokus pada teknologi visi komputer, secara intensif melakukan R & D dengan keahlian dalam algoritma pengolahan citra dengan teknik fotogrametri digital. Perangkat lunak Agisoft Photoscan Professional dapat digunakan

untuk proses pembentukan mosaik dengan pengidentifikasian tie point secara otomatis, pembentukan point cloud beserta hasil residual hitungan bundle adjustment, pembentukan DEM dari mosaik yang dibentuk. Point cloud dalam perangkat lunak ini adalah tie point yang secara otomatis dibentuk menjadi tiga dimensi. Secara umum point cloud merupakan titik-titik hasil perekaman data DTM ataupun DEM permukaan bumi yang tersusun dengan menggunakan sistem koordinat tiga dimensi. Titik-titik ini biasanya diidentifikasi dengan koordinat X,Y,Z dan biasanya dimaksudkan untuk memberi gambaran suatu permukaan pada suatu objek (Muklas, 2014).

Kelebihan dari perangkat lunak ini adalah dapat melakukan pengolahan mosaik dalam waktu singkat dengan mosaik yang dihasilkan mempunyai *color balancing* yang baik, dan sambungan antara foto digital yang tidak terlihat. Proses orthoretifikasi dilakukan secara otomatis oleh program. Orthoretifikasi ini digunakan untuk menghapus efek kemiringan sumbu dan hasilnya berupa ekuivalen foto digital tegak. Karena pergeseran letak gambar sehubungan dengan perubahan relief, ekuivalen foto digital tegak masih mengandung skala yang tidak seragam. Di dalam proses peniadaan pergeseran letak oleh relief pada sembarang foto digital, variasi skala juga dihapus sehingga skala menjadi sama bagi seluruh foto digital (Muklas, 2014).

Namun sejak tahun 2019, agisoft Photoscan berganti nama menjadi Agisoft Metashape. Secara umum proses pengolahan agisoft metashape ini tidak jauh berbeda dengan proses pengolahan agisoft photoscan. Oleh karena itu dapat disimpulkan Agisoft Metashape adalah sebuah software yang berguna untuk mengolah foto udara yang direkam menggunakan drone. Dari data drone tersebut, dapat dihasilkan orthofoto, titik tinggi (elevation point clouds) dan DEM resolusi tinggi serta dapat ditampilkan secara 3D. Proses pengolahan data yang bisa dilakukan diantaranya :

1. Import Foto dan Rekonstruksi Jalur Terbang
2. Align Foto
3. Pembangunan Titik Tinggi (Dense Point Clouds)
4. Pembangunan Model 3D (Mesh)
5. Pembangunan Model Texture
6. Pembangunan DEM

## 7. Pembangunan Orthofoto

Agisoft Metashape tergolong lengkap dan mampu mengakomodir kebutuhan pengolahan data drone, selain kemampuannya dalam melakukan mosaik foto. Agisoft Metashape juga mampu menghasilkan gambar yang memiliki *Geographic Reference*.

### **Image Enhancement**

*Image enhancement* adalah proses agar citra atau foto udara menjadi lebih baik secara visual untuk aplikasi tertentu (Haidaroh, 2013). Dalam pengolahan data hasil foto udara menggunakan UAV, proses perbaikan citra atau foto udara dilakukan dalam 6 (enam) tahapan, sebagai berikut :

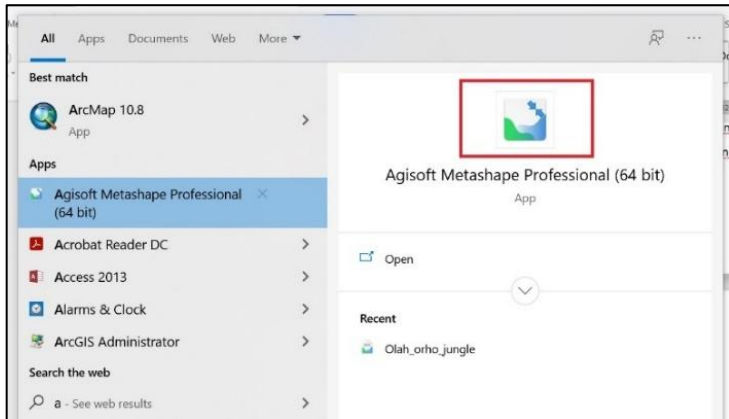
1. Penyelarasan foto / *align photos*
2. Pembuatan *Dense Cloud*
3. Pembuatan *Mesh*
4. Pembuatan *Texture*
5. Pembuatan DEM
6. Pembuatan *Orthomosaic*

Pengolahan data hasil foto udara UAV dilakukan dengan menggunakan *software* khusus yang diinstal pada komputer/laptop. Pada modul ini *software* yang digunakan adalah Agisoft Metashape. *Software* ini bertujuan untuk mengelola foto grametri gambar digital, dan menghasilkan *orthophoto*, titik tinggi (*elevation point cloud*), *Digital Elevation Model* (DEM), serta data spasial 3D.

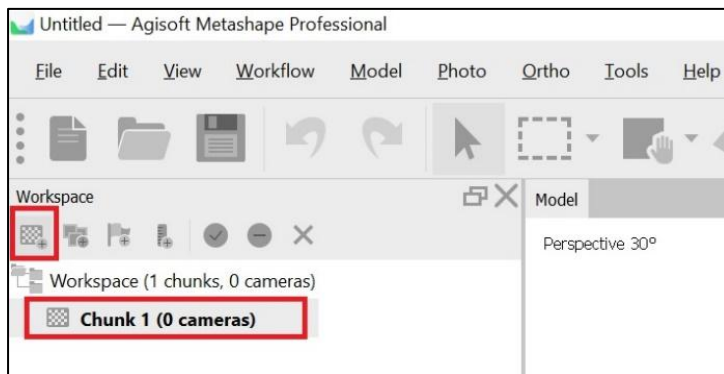
#### **a. Penyelarasan Foto / *Align Photos***

*Align Photos* merupakan proses penyelarasan foto hasil akuisisi UAV/Drone. Pada tahap ini *software* akan mencari posisi kamera, mengorientasikan masing-masing foto dengan mencari titik yang sama antara 2 atau lebih foto, dan membangun *sparse point cloud model*. Tahapan proses *align photos* adalah sebagai berikut :

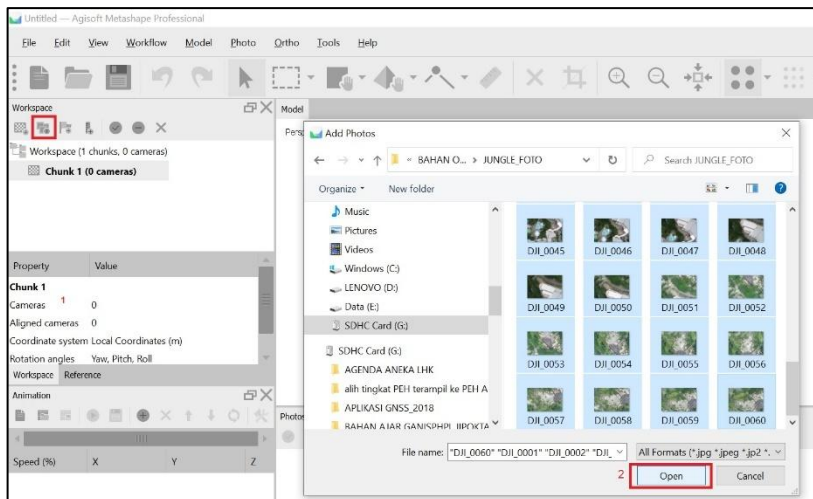
1. Buka software Agisoft Metashape (Agisoft Metashape Professional).



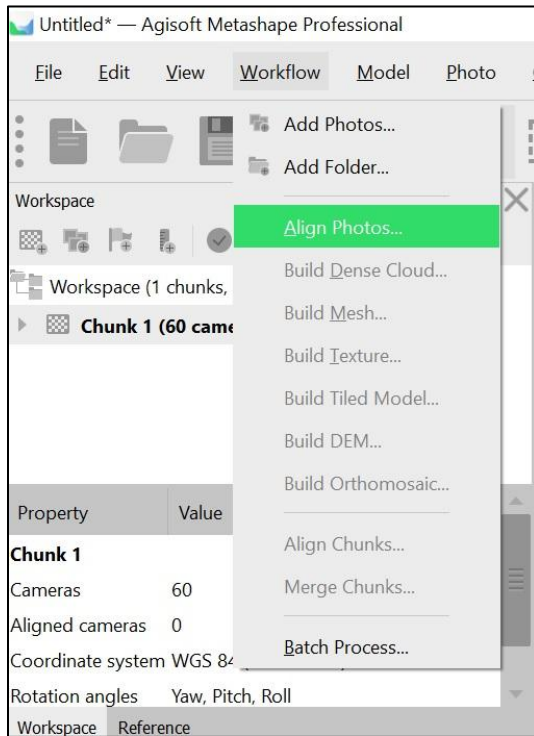
2. Tambahkan *chunk*.



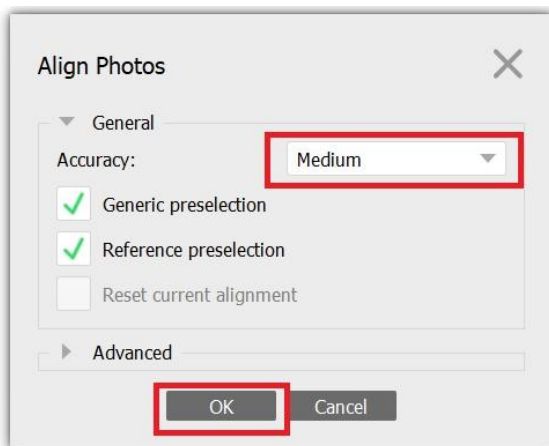
3. Tambahkan foto/Add Photo > Cari lokasi penyimpanan foto pada komputer/laptop > masukkan seluruh foto.



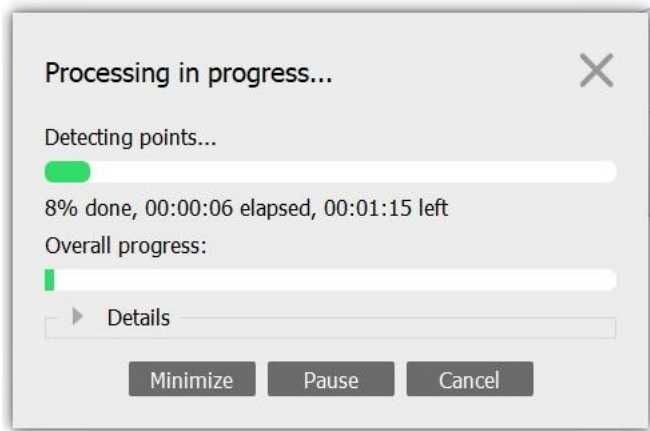
4. Pada menu workflow, pilih *align photos*.



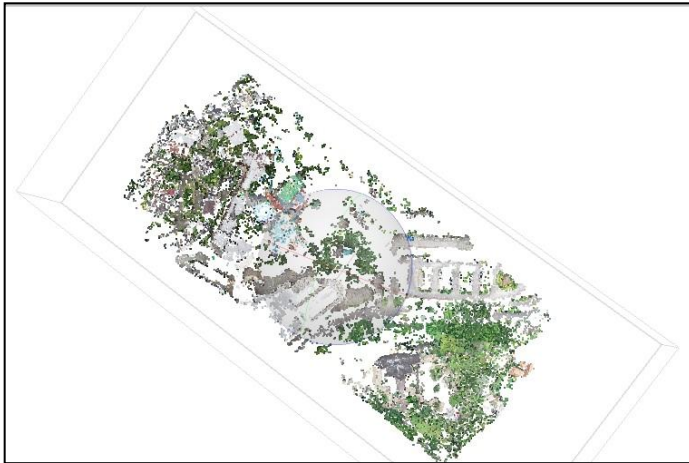
5. Pada menu *accuracy*, tentukan akurasi data yang ingin dihasilkan, semakin tinggi akurasi kecocokan titik yang diinginkan, maka semakin lambat prosesnya. Hal ini bergantung pada spesifikasi *hardware* yang digunakan. Namun itu semakin tinggi level *accuracy* yang dipilih maka akan semakin baik orientasi kamera yang didapat sehingga produk yang dihasilkan juga lebih baik.



6. Tunggu prosesnya hingga selesai.



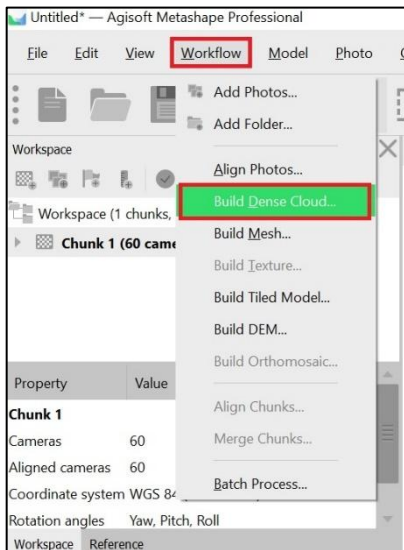
7. Tahapan *align photos* sudah selesai. Hasil dari proses ini adalah terbentuknya titik-titik yang saling terikat antara satu foto dengan foto lainnya (*tie point*), walaupun masih berupa titik yang jarang (*sparse point cloud model*).



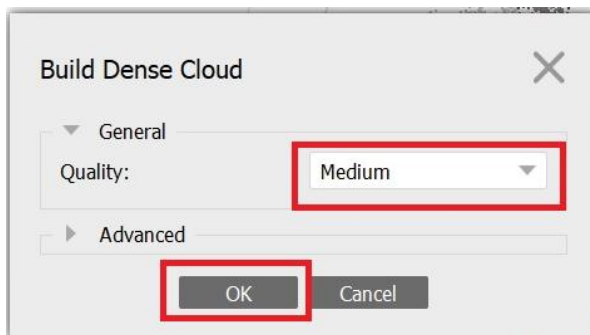
#### b. Pembuatan *Dense Cloud*

Proses lanjutan setelah terbentuk *sparse point cloud* adalah *dense cloud*. Kumpulan titik-titik tinggi sebelumnya yang masih jarang, dibentuk lebih rapat. Tahapan yang dilakukan pada Agisoft Metashape adalah sebagai berikut :

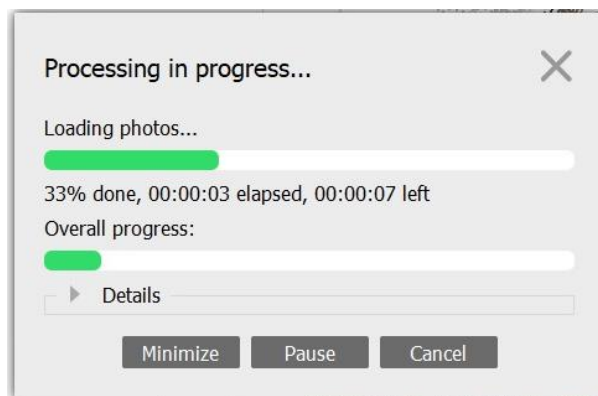
1. Pada menu *workflow*, pilih *build dense cloud*.



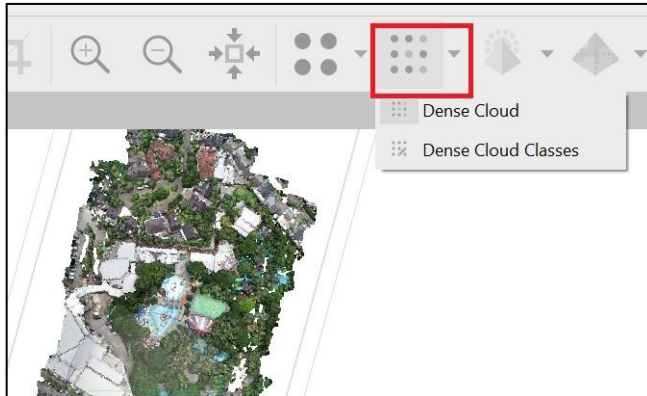
2. Pada jendela *build dense cloud*, pilih *quality* yang diinginkan. Semakin tinggi *quality*, maka semakin lama prosesnya (bergantung pada spesifikasi komputer/laptop).



3. Tunggu prosesnya hingga selesai.



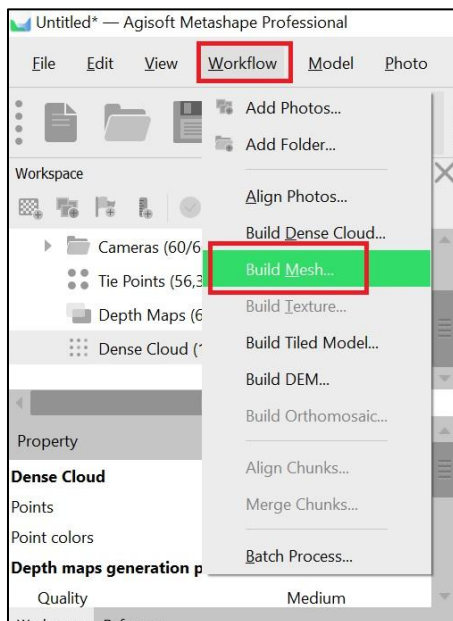
4. Hasil dari proses *build dense cloud* adalah gabungan titik-titik tinggi yang semakin rapat dan mulai membentuk gambar objeknya. Untuk menampilkan hasil, klik pada ikon *Dense Cloud*.



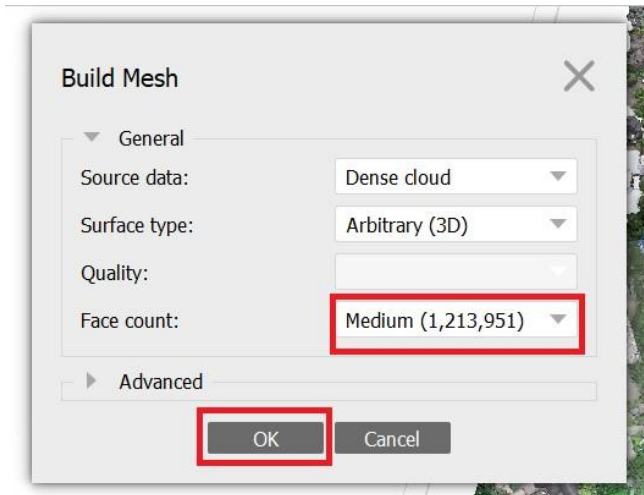
### c. Pembuatan *Mesh*

Setelah *dense cloud* terbentuk, maka proses selanjutnya adalah pembuatan *Mesh* atau 3D. Model 3D ini adalah modal untuk membuat Digital Elevation Model (DTM/DSM) maupun orthophoto. Tahapan yang dilakukan pada Agisoft Metashape adalah sebagai berikut :

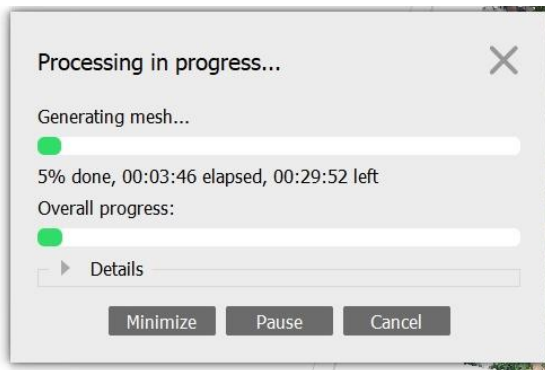
- a. Pada menu *workflow*, pilih *build mesh*.



- b. Pada jendela *build mesh*, *surface type* dapat dipilih arbitrary (3D) jika objek berupa bangunan atau objek sejenisnya, serta *height field* untuk objek berupa *terrain* atau relief suatu permukaan bumi. Tipe arbitrary lebih banyak mengkonsumsi memori dibandingkan *height field*, sehingga dapat menjadi pertimbangan saat mengolah data yang sangat besar/luas. Pada kolom *face count*, menunjukkan seberapa detail mesh yang akan dibangun.



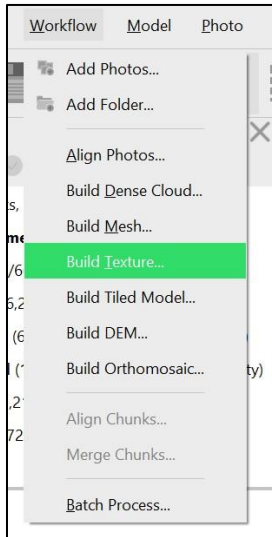
- c. Tunggu prosesnya hingga selesai.



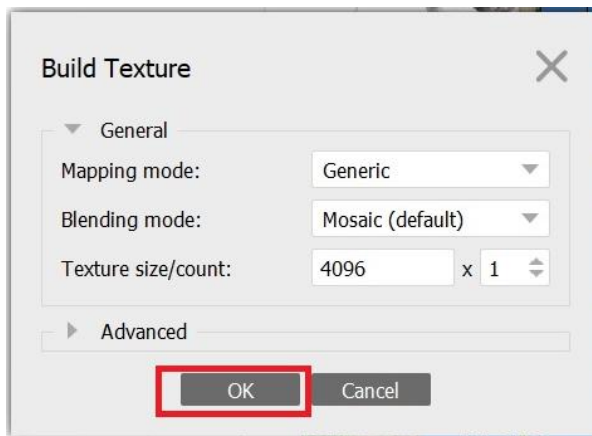
#### d. Pembuatan *Texture*

Setelah pembentukan *Mesh*, langkah selanjutnya adalah pembentukan *Texture*. *Texture* adalah penampakan fisik 3D pada area yang ditangkap oleh UAV/Drone, dengan kualitas visual yang lebih baik. Semakin baik hasil *texture* yang didapatkan, maka akan semakin baik pula model 3D final yang akan dihasilkan. Tahapan yang dilakukan pada Agisoft Metashape adalah sebagai berikut :

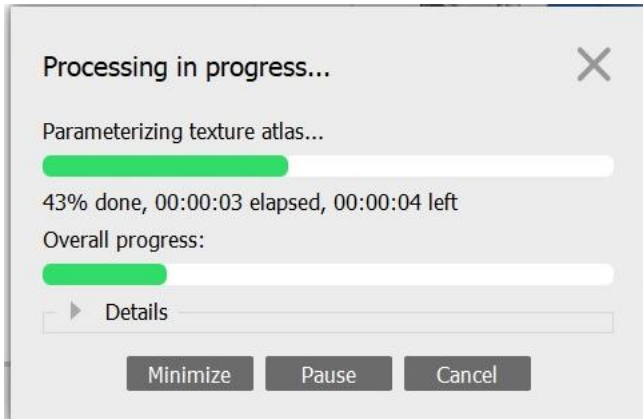
1. Pada menu *workflow*, pilih *build texture*.



2. Pada jendela *build texture*, terdapat pilihan *mapping mode*, *blending mode*, dan *texture size*. Pengaturan *default* pada Agisoft Metashape adalah *mapping mode generic*. Terdapat pilihan lain seperti *adaptive orthophoto* (split antara planar/datar dan vertikal), *orthophoto* (proyeksi orthographic), *spherical* (untuk objek yang menyerupai bola), *single photo* (untuk foto tunggal), dan *keep uv* (rebuild texture). Sedangkan untuk *blending mode*, *Mosaic* adalah pengaturan *default*.



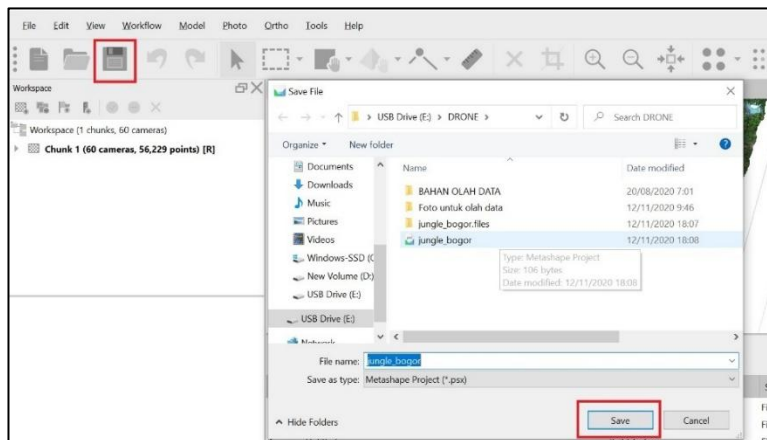
3. Tunggu prosesnya hingga selesai.



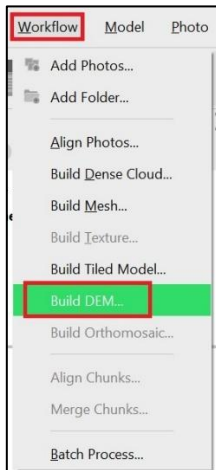
#### e. Pembuatan DEM

Setelah pembentukan *Texture*, langkah selanjutnya adalah pembentukan DEM. Sebelum melakukan proses pembentukan DEM, perlu untuk menyimpan hasil pekerjaan sebelumnya. Tahapan yang dilakukan pada Agisoft Metashape adalah sebagai berikut :

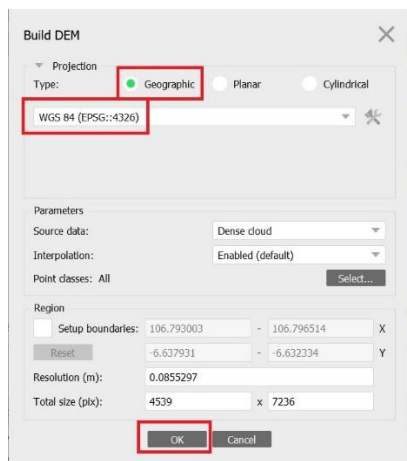
1. Pada menu klik save, kemudian tentukan lokasi penyimpanan dan beri nama file dengan ekstensi psx.



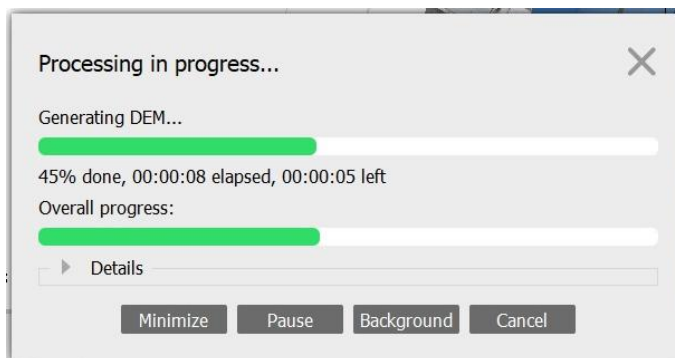
2. Pada menu *workflow*, pilih *build DEM*.



3. Pada jendela *build DEM*, pilih koordinat sistem yang akan digunakan, misalnya geographic, WGS 84 (EPSG::4326). Parameter yang digunakan dapat dipilih sesuai *default*.



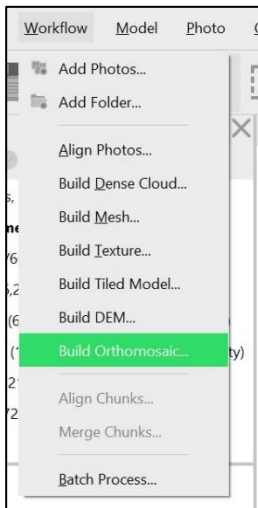
4. Tunggu prosesnya hingga selesai.



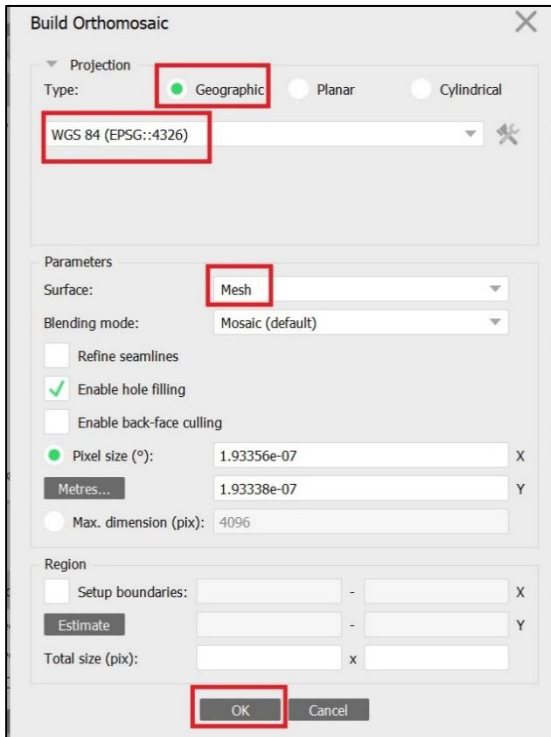
#### f. Pembuatan *Orthomosaic*

Langkah selanjutnya adalah pembentukan *orthomosaic*. *Orthomosaic* biasanya digunakan untuk menampilkan *imagery* resolusi tinggi, misalnya survei data. Hasil dari proses pembuatan *orthomosaic* akan diolah lebih lanjut dengan menggunakan aplikasi pemetaan. Tahapan yang dilakukan pada Agisoft Metashape adalah sebagai berikut :

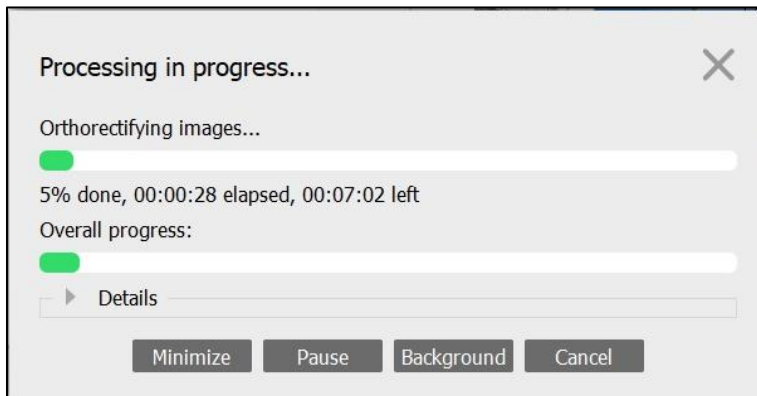
1. Pada menu *workflow*, pilih *build orthomosaic*.



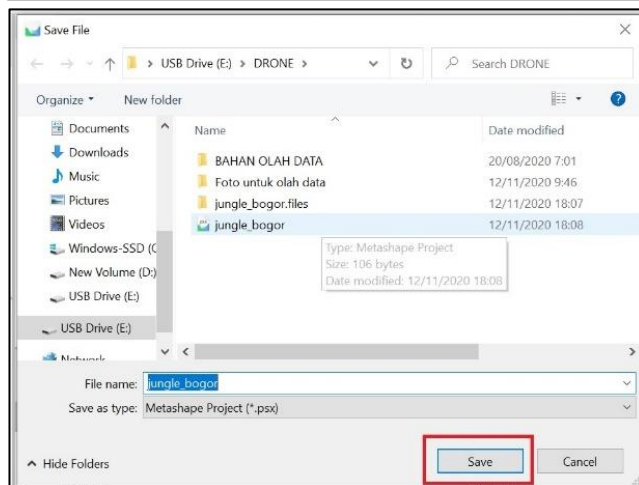
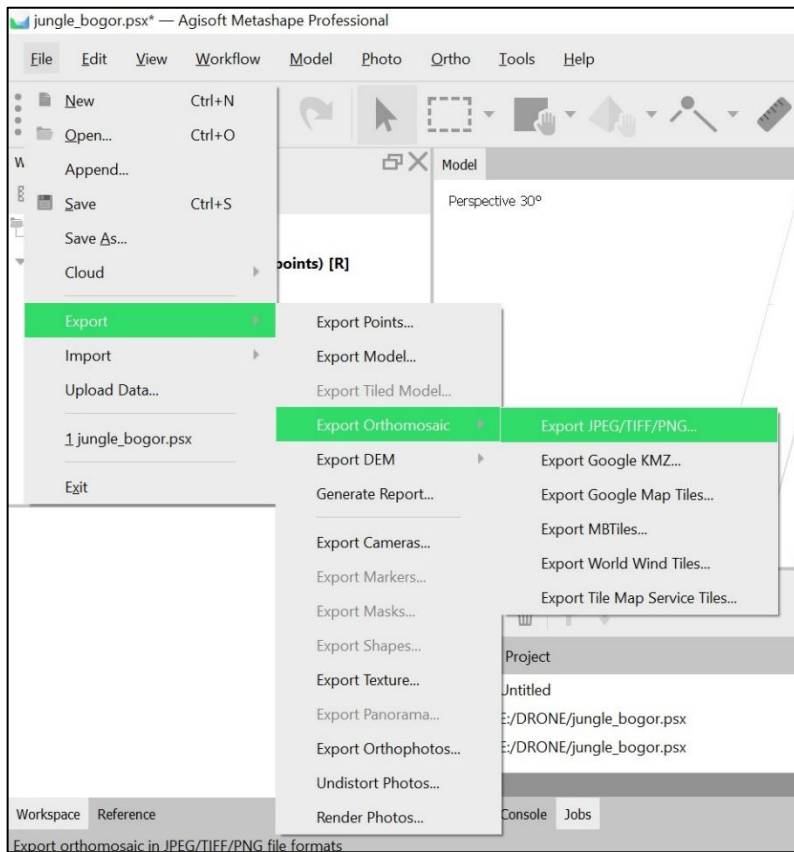
2. Pada jendela *build orthomosaic*, pilih sistem koordinat dan proyeksi, misalnya Geographic, WGS 84 (EPSG::4326). Untuk pengisian *parameters*, kolom *surface* dapat menggunakan DEM sebagai sumber yang umum pada *aerial survey data processing*. Sedangkan *Mesh* dapat digunakan untuk objek yang berupa bangunan dan sejenisnya. *Parameters* lainnya dapat digunakan versi *default*.



3. Tunggu prosesnya hingga selesai.



4. Setelah proses *orthomosaic* selesai, selanjutnya export menjadi bentuk image (JPEG/TIFF/PNG). Tentukan lokasi penyimpanan dan beri nama.

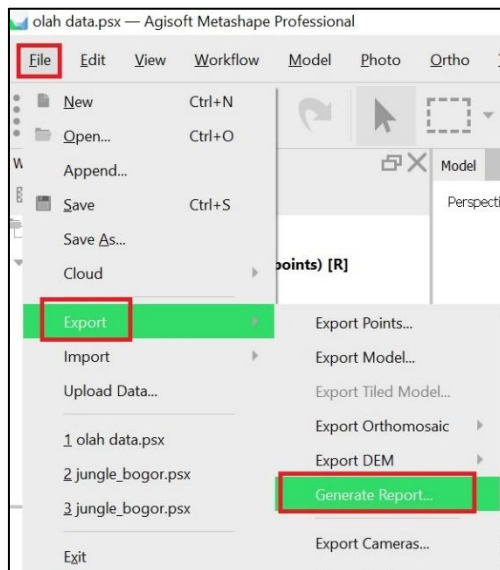


### g. Pembuatan Report

Langkah selanjutnya adalah pembentukan *report*. *Report* merupakan laporan hasil pengolahan foto drone pada Agisoft Metashape. Laporan ini penting, karena akan menunjukkan data-data seperti *Ground Resolution*, *Coverage Area*, *Tie Point*, *Errors*, dan lainnya. Tahapan yang

dilakukan pada Agisoft Metashape adalah sebagai berikut :

1. Pada menu *file*, pilih *export > generate report*.



2. Proses download akan berjalan setelah kita tentukan lokasi penyimpanan. Hasilnya adalah sebagai berikut :



## BAB 4

### DOKUMENTASI VISUAL UNTUK PUBLIKASI DAN SOSIALISASI

#### A. Teknik Fotografi

Fotografi drone telah menjadi sangat populer dalam beberapa tahun terakhir ini, terutama setelah drone yang lebih ringkas menyemarakkan pasar. Fotografi menggunakan drone memberikan kemampuan untuk menangkap sudut pandang yang tidak dapat dijangkau oleh fotografer di darat, sehingga menghasilkan visual yang lebih dramatis dan informatif.

Teknik dasar yang perlu dikuasai mencakup pengaturan kamera seperti ISO, *shutter speed*, *aperture*, dan *white balance* untuk memastikan kualitas gambar tetap optimal meskipun berada pada kondisi cahaya yang berubah-ubah di kawasan hutan. Komposisi juga berperan penting; penggunaan teknik *rule of thirds*, *leading lines*, atau simetri dapat membuat foto lebih menarik dan mudah dipahami oleh audiens. Selain itu, pilot perlu memahami pemilihan ketinggian terbang yang tepat, misalnya foto detail tegakan membutuhkan ketinggian lebih rendah, sedangkan foto lanskap kawasan membutuhkan ketinggian yang lebih tinggi dan stabil. Perhatian pada kondisi alam seperti arah matahari, bayangan tajam, serta kabut atau asap sangat menentukan kualitas foto udara yang dihasilkan. Semua prinsip ini akan membantu menghasilkan foto yang tidak hanya artistik, tetapi juga informatif untuk publikasi dan edukasi kehutanan.

Untuk itu ada beberapa prinsip dasar dan tips yang mungkin perlu dipertimbangkan saat Anda bereksperimen dengan fotografi dari langit tinggi.

##### 1. Selidiki dan Rencanakan

Penyelidikan sangat penting untuk setiap pemotretan, tetapi lebih penting lagi saat menerbangkan drone. Untuk memperoleh bidikan udara yang luar biasa, mungkin ada baiknya melakukan penilaian lokasi bahkan sebelum Anda berangkat ke sana. Navigasi satelit seperti *Google Maps* adalah cara yang bagus untuk melakukan hal ini. Anda dapat melihat pandangan udara jarak dekat di sebagian besar lokasi yang memberikan konfirmasi kepada fotografer mengenai cocok tidaknya suatu tempat untuk pemotretan.

Setelah Anda memutuskan lokasi, sangat penting juga untuk mempertimbangkan cuaca. Sebagian besar penggemar drone akan menolak penggunaan drone mereka pada kondisi yang basah dan berangin karena besarnya kemungkinan merusak peralatannya.

## **2. Tangkap dalam Format RAW**

Sebagian besar penggemar drone akan mengetahui bahwa memotret dalam format RAW (*file*.DNG) lebih disukai daripada format JPEG. Hal ini karena drone memiliki sensor yang jauh lebih kecil dibandingkan sensor pada kamera DSLR dan *mirrorless* standar. Sensor yang kecil menghasilkan gambar berkualitas lebih rendah sehingga Anda dapat memperoleh hasil foto yang semaksimal mungkin dengan memotret dalam format RAW. Meskipun cara itu akan membutuhkan lebih banyak penyimpanan, tetapi hal itu layak dilakukan. Sebagai perbandingan, format JPEG jauh lebih unggul karena sebagian besar kamera memproses format gambar itu secara langsung untuk mengurangi ukuran file. Namun, dengan melakukan itu, semua data visual yang menjadi keunggulan file RAW akan hilang.

Pada saat pengeditan, *file* JPEG akan kehilangan kualitasnya, tetapi tidak demikian halnya dengan *file* RAW. Gambar berkualitas lebih tinggi memberi pengguna lebih banyak data tersedia untuk digunakan dalam tahap pasca-pemrosesan. Aplikasi seperti *Adobe Lightroom* sangat baik untuk penyetelan lebih halus format RAW karena biasanya *Adobe Lightroom* memiliki tombol penyetelan otomatis yang akan melakukan sebagian besar pekerjaan. Hal ini sangat baik bagi pemula.

## **3. Periksa pengaturan drone**

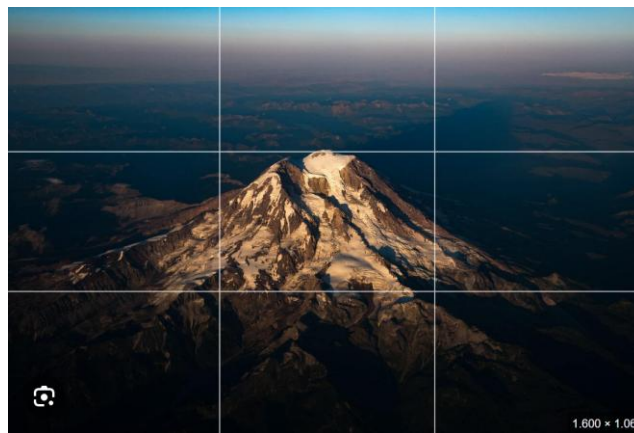
Pengaturan drone mirip dengan pengaturan kamera biasa. Anda dapat memotret secara otomatis dan manual. Mode otomatis akan memberikan pengaturan prasetel yang menurut sistem di kamera akan sesuai dengan lanskap di sekelilingnya. Pengaturan prasetel ini akan berubah berdasarkan banyaknya eksposur yang diterima oleh lensa. Saat dalam mode manual, Anda dapat menyetel pengaturan lebih detail, yang terkadang dapat memberikan gambar yang jauh lebih jernih dibandingkan dengan pengaturan otomatis. Saat dalam mode manual, ada tiga pengaturan berbeda yang perlu Anda ketahui : kecepatan *shutter*, *aperture*, dan ISO.

- a. Kecepatan *shutter* – Lamanya waktu *shutter* kamera dibuka. Pengaturannya tergantung pada berapa banyak cahaya yang ingin Anda biarkan masuk dan diukur dalam sepersekian detik.
- b. *Aperture* – Mengontrol kedalaman bidang gambar. *Aperture* diukur dalam focal ratio atau bukaan, misalnya f/2.0. Jika aperturnya kecil, kedalaman bidang akan menjadi besar, sedangkan jika aperturnya besar, kedalaman bidang akan berkurang.
- c. ISO – Pengaturan yang dapat Anda gunakan untuk menambah atau mengurangi kecerahan. ISO yang rendah berarti lebih gelap, sedangkan ISO yang tinggi berarti lebih cerah. Meskipun ISO adalah pengaturan yang baik untuk digunakan, menaikkan ISO lebih tinggi akan meningkatkan faktor butiran pada gambar.

#### 4. Menemukan subjek dan komposisi gambar

Saat mengambil foto dengan drone, Anda perlu menemukan subjek untuk difoto. Subjek ini biasanya berupa objek atau orang yang paling menonjol dalam bingkai foto. Seberapa banyak pun pengeditan foto yang Anda lakukan, jika subjeknya tidak bagus, maka foto itu tidak akan menarik.

Setelah subjek dipilih dan Anda memikirkan cara agar subjek itu terlihat menonjol gunakan komposisi melalui panduan *grid* di layar *remote control* atau 'Aturan sepertiga' yang lebih dikenal dengan sebutan *Rule of Thirds*. Pengaturan ini ada di sebagian besar aplikasi drone dan sangat mudah digunakan. *Rule of Thirds* adalah teknik komposisi dalam fotografi dan seni visual dimana gambar dibagi menjadi 9 bagian yang sama dengan dua garis vertikal dan dua garis horisontal, sehingga membentuk grid 3x3.



Gambar 4. 1. Penampakan penggunaan Rule of Thirds

Sumber : <https://sunny16.com/blogs/photography-tips/rule-of-thirds-photography?srsId=AfmBOoqC4XTjhrB86QNGcgplIVwQNzoONGNDKI-dEolKnigmUo9A2W-5>

## 5. Memilih penyimpanan yang tepat

Saat memilih kartu microSD untuk drone, pengguna biasanya akan memperhatikan spesifikasi kecepatan baca/tulis yang tinggi dan yang paling penting adalah kapasitas penyimpanan. Berbagai merek ternama seperti SanDisk, Samsung, dan Lexar menawarkan beragam pilihan yang dirancang untuk mendukung perekaman video resolusi tinggi dengan drone.

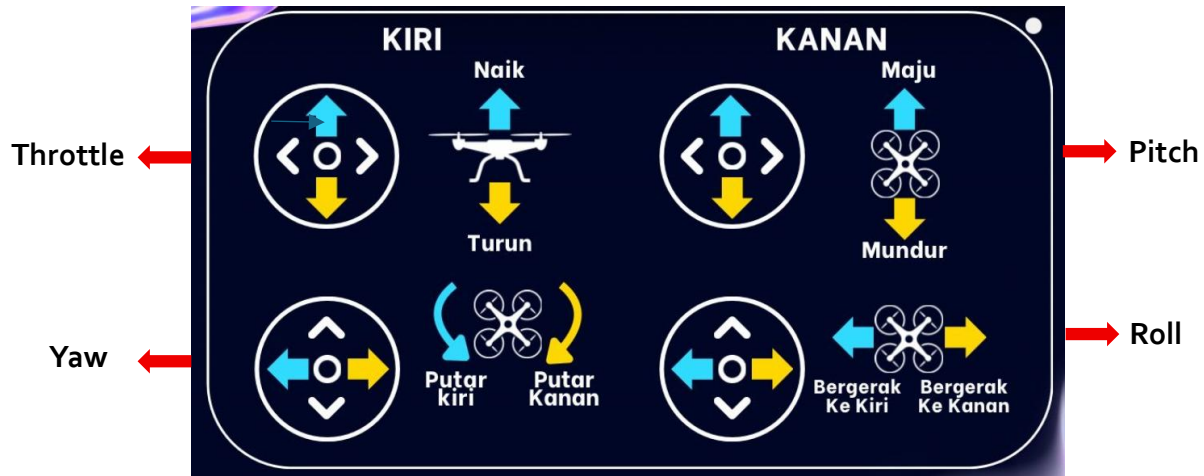
## 6. Manfaatkan Fitur *Return to Home*, Mudahkan Drone Pulang

Perkembangan perangkat drone kini menjadi semakin canggih dengan kehadiran berbagai fitur-fitur yang dapat memudahkan pemula menggunakan drone, salah satunya fitur *Return to Home*. Fitur tersebut memungkinkan perangkat drone dapat terbang kembali ke arah titik awal GPS dimana pengguna menerbangkan drone-nya. Fitur ini sangat bermanfaat bagi pemula terlebih lagi ketika pesawat drone kehilangan sinyal dan daya baterai mulai habis.

Tips menggunakan *Return to Home* dapat mencegah pengguna kehilangan kontak dengan pesawat drone-nya sendiri. Keberadaan fitur *Return to Home* ini bisa sangat berguna untuk meminimalisir dampak buruk yang terjadi saat pengguna pemula menerbangkan *drone*.

Sebelum melakukan pengambilan data untuk fotografi mari kita kenali dulu teknik dasar penggunaan *Remote Control* (RC) untuk kendali menerbangkan drone. Dalam pengaturan kendali *remote control* terdapat 2 macam mode. Pada umumnya operator drone menggunakan Mode 2, sebuah konfigurasi kontrol untuk menerbangkan drone dan RC pesawat di banyak negara, termasuk Indonesia. Pada mode ini, fungsi utama drone diatur sebagai berikut:

- **Joystick Kiri:** Mengontrol *throttle* (daya dorong naik/turun) dan *yaw* (berputar ke kiri/kanan).
- **Joystick Kanan:** Mengontrol *pitch* (maju/mundur) dan *roll* (miring ke kiri/kanan).



Gambar 4. 2. Pengaturan joystick untuk penerbangan drone menggunakan mode 2

Untuk menggerakkan drone menggunakan Mode 2, ikuti panduan dasar ini :

### 1. Persiapan Awal

- **Pilih Lokasi Aman:** Pastikan Anda berada di area terbuka tanpa hambatan, jauh dari orang, hewan, dan kabel listrik.
- **Periksa Baterai:** Pastikan drone dan remote control Anda memiliki daya yang cukup.
- **Binding:** Pastikan remote control Anda sudah terhubung (binding) dengan drone sesuai instruksi pabrikan.

### 2. Mengendalikan Penerbangan

Berikut cara mengoperasikan setiap gerakan menggunakan Mode 2:

| Gerakan Drone | Joystick yang digunakan | Arah Gerakan Joystick | Fungsi                                    |
|---------------|-------------------------|-----------------------|---|
| <b>Naik</b>   | Kiri<br>(atas/bawah)    | Dorong ke <b>atas</b> | Menambah <i>throttle</i> (daya dorong).   |
| <b>Turun</b>  | Kiri<br>(atas/bawah)    | Tarik ke <b>bawah</b> | Mengurangi <i>throttle</i> (daya dorong). |

|                            |                       |  |  |
|----------------------------|-----------------------|--|--|
| <b>Belok</b><br>Kiri/Kanan | Kiri<br>(kiri/kanan)  | Dorong<br>ke <b>kiri</b> atau <b>kanan</b>                 | Mengontrol <i>yaw</i> (drone berputar pada porosnya).          |
| <b>Maju/Mundur</b>         | Kanan<br>(atas/bawah) | Dorong ke <b>atas</b> (maju)<br>atau <b>bawah</b> (mundur) | Mengontrol <i>pitch</i> (kemiringan maju/mundur).              |
| <b>Geser</b><br>Kiri/Kanan | Kanan<br>(kiri/kanan) | Dorong<br>ke <b>kiri</b> atau <b>kanan</b>                 | Mengontrol <i>roll</i> (drone miring dan bergerak ke samping). |

### 3. Tips Penting untuk Pemula

- **Mulai Perlahan:** Jangan langsung menggerakkan tongkat secara drastis. Lakukan gerakan kecil dan halus sampai Anda terbiasa dengan respons drone.
- **Latihan Hovering:** Keterampilan paling dasar adalah *hovering* (melayang di satu tempat). Latih mengendalikan *throttle* (tongkat kiri atas/bawah) untuk menjaga ketinggian yang konstan.
- **Orientasi:** Awalnya, jaga agar bagian depan drone menghadap menjauh dari Anda. Ini membantu Anda memahami kontrol *pitch* dan *roll* secara intuitif.
- **Gunakan Simulator:** Jika tersedia, gunakan simulator penerbangan drone di komputer atau tablet Anda untuk berlatih gerakan Mode 2 sebelum menerbangkan drone sungguhan.
- **Baca Manual:** Selalu baca manual pengguna drone Anda, karena mungkin ada fitur atau mode penerbangan spesifik yang perlu Anda ketahui

Setelah memahami prinsip dasar dan tips dalam persiapan melakukan pengambilan foto melalui drone, perlu juga mempelajari dasar-dasar teknik manuver penerbangan agar bisa menghasilkan foto yang epik. Berikut beberapa contoh teknik manuver yang bisa dilakukan dengan catatan cara ini menggunakan settingan metode kontrol gimbal didasarkan pada mode default pengendali jarak jauh (Mode 2).

#### .1. Linier

Terbangkan drone Anda dalam garis lurus ke depan atau ke belakang untuk memperlihatkan hubungan antara subjek dan lingkungan sekitarnya. Jenis bidikan ini sangat bagus untuk membangun ketegangan dan sama efektifnya untuk bidikan transisi.

Cara Mengambil Bidikan Linear :

Tekan joystick kanan ke atas atau ke bawah untuk menerbangkan pesawat maju atau mundur. Jangan menyimpang ke kiri atau kanan, atau dapat juga menggunakan mode TapFly yang tersedia pada aplikasi.

## **2. Diagonal**

Terbangkan drone Anda ke samping saat naik atau turun untuk menonjolkan kompleksitas lingkungan. Ini menciptakan kesan kedalaman antara latar depan dan latar belakang dalam bidikan.

Cara Mengambil Bidikan Diagonal :

Dorong atau tarik joystick kiri sambil mendorong joystick kanan ke kiri atau kanan untuk membuat rute penerbangan diagonal.

## **3. Pan**

Sambil melayang di udara, gerakkan kamera secara perlahan dari kiri ke kanan. Bidikan ini memperluas tampilan dengan ukuran bingkai tetap, memperkenalkan hubungan antara beberapa subjek, dan mereplikasi perspektif panning FPV.

Cara Mengambil Gambar Pan :

Dorong joystick kiri sedikit ke kiri atau kanan.

## **4. Ke samping**

Terbangkan drone ke kiri atau kanan dalam garis lurus. Cobalah mengikuti subjek saat melakukan pengambilan gambar ini untuk hasil yang unik dan dinamis. Ini cara yang bagus untuk melibatkan audiens Anda dan menggambarkan gerakan.

Cara Mengambil Bidikan Samping :

Dorong joystick kanan ke sisi kiri atau kanan dan kendalikan drone untuk terbang ke samping.

## **5. Lingkaran**

Terbangkan drone di sekitar titik atau objek tertentu untuk menampilkan subjek dari semua sudut. Ini adalah manuver yang cukup sederhana yang memadukan fitur lingkungan.

Cara Mengambil Bidikan Lingkaran :

Dorong kedua joystick ke luar secara bersamaan untuk memutar searah jarum jam. Dorong kedua joystick ke dalam untuk membuat drone berputar berlawanan arah jarum jam. Usahakan untuk menjaga sudut yang tepat agar lingkarannya sempurna. Efek ini juga dapat dicapai dengan fungsi Point of Interest.

## **6. Spiral**

Memutar drone sambil terbang ke atas atau ke bawah menciptakan bidikan menarik yang memperluas perspektif secara vertikal sambil berfokus pada subjek Anda.

Cara Mengambil Bidikan Spiral :

Tekan atau tarik joystick kiri sambil membuat drone berputar perlahan. Kedua gerakan gabungan ini akan menciptakan spiral.

## **7. Dronie**

Untuk merekam video Dronie, Anda perlu menerbangkan drone ke belakang dan ke atas secara bersamaan. Ini adalah bidikan drone klasik yang menjaga subjek tetap di tengah bingkai sekaligus memperluas perspektif. Ini memiliki dampak visual yang kuat dan sangat cocok untuk adegan transisi dalam rekaman Anda.

Cara Mengambil Tembakan Dronie :

Tekan joystick kiri untuk membuat drone naik, dan tarik joystick kanan untuk menerbangkannya mundur. Bersamaan dengan itu, putar tombol gimbal untuk memiringkan kamera ke bawah secara perlahan, atau dapat menggunakan QuickShots yang tersedia pada beberapa model drone.

## **8. Roket**

Terbangkan drone ke atas dan ambil gambar pemandangan yang dramatis.

Cara Melakukan Tembakan Roket :

Miringkan gimbal hingga menghadap ke bawah dan dorong joystick kiri untuk menaikkan drone.

## **9. Dolly Zoom**

Dolly Zoom secara otomatis menyesuaikan fokus sementara ukuran subjek sebagian besar tidak berubah, menambahkan efek visual melengkung yang intens pada video Anda.

Cara Mengambil Foto Dolly Zoom :

Tekan joystick kanan untuk menerbangkan drone ke depan, dan putar tombol pengatur kanan berlawanan arah jarum jam untuk memperkecil tampilan. Anda juga dapat menekan joystick kanan untuk menerbangkan drone ke belakang, dan putar tombol pengatur kanan searah jarum jam untuk memperbesar tampilan.

#### **10. Abaikan**

Miringkan gimbal lurus ke bawah perlahan saat Anda menerbangkan pesawat ke depan atau ke atas. Bidikan ini adalah cara yang bagus untuk menarik perhatian audiens Anda ke dalam adegan atau momen penting.

Cara Mengambil Gambar Overlook :

Tekan ke atas atau tarik ke bawah joystick kanan untuk menerbangkan drone maju atau mundur, pada saat yang sama, putar perlahan tombol penyesuaian kiri berlawanan arah jarum jam untuk memiringkan gimbal ke bawah.

### **B. Teknik Videografi**

Dalam dunia videografi, penggunaan drone telah menjadi salah satu elemen utama untuk menghasilkan visual yang menawan. Dengan kemampuan terbangnya, drone memberikan perspektif yang unik dan sinematik yang sulit dicapai dengan kamera biasa. Namun, untuk menghasilkan video yang benar-benar estetik, diperlukan teknik pengambilan gambar yang tepat. Berikut macam-macam gaya video sinematik yang bisa didapatkan oleh drone :

#### **1. Dolly Zoom (Vertigo Effect) : Gerakan Mendekat dan Menjauh yang Penuh Arti**

Dolly Zoom atau yang sering disebut sebagai "Vertigo Effect" adalah teknik yang memberikan ilusi optik dengan cara memperbesar atau memperkecil objek utama sementara latarnya seolah tetap tidak berubah. Dolly in adalah saat drone bergerak mendekati objek secara perlahan, sementara dolly out adalah saat drone menjauh. Keduanya memberikan kesan fokus, kedalaman, dan dramatisasi. Misalnya, ketika kamu ingin menonjolkan seseorang yang berdiri sendirian di tengah hamparan sawah, dolly in bisa digunakan untuk membawa perhatian penonton langsung ke sosok itu. Sebaliknya, jika ingin menampilkan suasana atau lanskap di sekitar objek, dolly out akan lebih efektif karena memberi konteks visual yang luas. Teknik ini

sangat cocok digunakan dalam video naratif, promosi tempat wisata, atau dokumentasi pernikahan. Yang terpenting dalam gerakan ini adalah kestabilan. Hindari gerakan mendadak, dan gunakan kecepatan pelan agar hasilnya tampak natural dan emosional.



Gambar 4. 3. Penampakan Dolly Zoom

Sumber : <https://store.dji.bg/en/blog/top-10-drone-flight-maneuvers-for-aerial-photography>

## 2. Orbit (360-Degree Circle) : Putaran Simetris yang Bikin Objek Terlihat Epik

Gerakan Orbit adalah teknik di mana drone mengitari objek utama dalam lintasan melingkar. Bayangkan kamu sedang merekam sebuah tugu, kendaraan, atau orang yang berdiri di tengah lapangan—dengan orbit, kamu bisa menunjukkan objek tersebut dari segala sisi tanpa harus berpindah tempat. Teknik ini sangat berguna untuk menonjolkan keindahan arsitektur, menampilkan keunikan bentuk, atau sekadar memberi efek visual yang memanjakan mata. Gerakan melingkar yang konsisten menciptakan kesan sinematik yang elegan, seolah-olah penonton sedang ‘mengintari’ objek itu sendiri. Untuk melakukan Orbit dengan sempurna, drone harus menjaga kecepatan dan jarak yang konsisten sambil tetap mengunci objek sebagai pusat rotasi. Jika terlalu dekat, gerakan akan tampak goyah; jika terlalu jauh, objek bisa terlihat terlalu kecil. Orbit sering digunakan dalam video promosi, dokumentasi event, hingga konten media sosial karena memberikan kedalaman visual tanpa harus melakukan banyak transisi.



Gambar 4. 4. Penampakan Orbit

Sumber : <https://www.instagram.com/p/DKI8g6NPmMU/>

### 3. Reveal Shot : Buka Adegan dengan Efek Kejutan

Reveal shot adalah salah satu cara paling sederhana namun efektif untuk menciptakan rasa penasaran dalam video drone. Dengan memulai dari belakang objek yang menutupi pemandangan, lalu perlahan-lahan mengarahkan drone keluar untuk memperlihatkan latar sebenarnya, kamu bisa membangun momen yang dramatis. Misalnya, drone terbang dari balik deretan pohon dan kemudian memperlihatkan candi megah atau pantai yang luas—penonton dibuat terkejut dan terpikat dalam sekejap. Teknik ini sering digunakan dalam produksi film dan video promosi karena mampu menyampaikan informasi visual secara bertahap, membuat penonton merasa diajak menjelajah. Gerakan ini juga memberi kesan bahwa apa yang sedang ditampilkan adalah sesuatu yang penting atau luar biasa, karena diperkenalkan dengan cara yang tidak langsung. Untuk hasil maksimal, pastikan gerakannya halus dan tidak tergesa, serta sesuaikan dengan musik atau suasana video agar efek dramanya makin kuat



Gambar 4. 5. Penampakan Reveal Shot

Sumber : <https://sewadronejogja.co.id/5-pergerakan-drone-yang-makin-bikin-cinematic>

#### **4. Tracking Shot (Follow Mode) : Ikuti Gerakan untuk Cerita yang Dinamis**

Tracking Shot adalah teknik di mana drone mengikuti subjek yang sedang bergerak, baik itu seseorang yang berlari, kendaraan yang melaju, atau aktivitas ekstrem seperti bersepeda gunung. Teknik ini memberikan nuansa dinamis dan membuat video lebih hidup serta menarik. Selain membuat penonton merasa terlibat langsung dalam pergerakan, follow shot juga menambah elemen storytelling yang kuat. Misalnya, dalam sebuah video promosi petualangan, drone bisa mengikuti pendaki yang sedang naik bukit. Efeknya bukan cuma visual, tapi juga emosional—penonton merasa ikut naik, ikut lelah, dan ikut sampai di puncak. Untuk menghasilkan Tracking Shot yang baik, penting untuk menjaga jarak dan ketinggian yang stabil atau pastikan drone memiliki fitur “Follow Mode” atau “Active Track” sehingga dapat mengikuti subjek secara otomatis dengan stabil. Selain itu, menjaga komposisi gambar tetap menarik sangat penting agar hasil akhirnya tampak lebih profesional. Gerakan ini sering digunakan dalam video olahraga, film aksi, atau dokumentasi perjalanan.



Gambar 4. 6. Penampakan Tracking Shot

Sumber : <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-58595755>

#### **5. Top-Down Shot (Bird's Eye View) : Perspektif Udara yang Simetris dan Estetik**

Top-down shot adalah teknik di mana kamera drone diarahkan tegak lurus ke bawah, memperlihatkan objek atau lanskap dari sudut pandang vertikal. Gerakan ini bisa membuat pola-pola visual yang tidak terlihat dari bawah menjadi sangat jelas—mulai dari jalan yang berliku, barisan pohon, hingga orang-orang yang bergerak dalam formasi tertentu. Top-down cocok digunakan ketika kamu ingin menekankan pola, tekstur, atau komposisi dalam sebuah adegan. Misalnya, pasar tradisional yang ramai bisa terlihat seperti mozaik warna-warni dari atas, atau barisan tenda di sebuah festival menjadi bentuk geometris yang menarik. Teknik ini sangat efektif dalam membuat video lebih artistik dan memukau. Agar hasilnya optimal, pastikan pencahayaan cukup terang dan ketinggian drone tidak terlalu tinggi agar detail tetap tertangkap kamera.



Gambar 4. 7. Penampakan Top Down Shot

Sumber : <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-58595755>

### C. Editing dan Pengemasan Konten Visual

Gerakan drone yang bagus akan lebih maksimal jika dipadukan dengan editing yang tepat. Gunakan teknik transisi yang halus, sesuaikan warna dan tone melalui color grading, dan pertimbangkan penggunaan musik latar yang sesuai dengan suasana. Jangan lupa juga untuk menyisipkan logo atau identitas *brand* secara halus dalam video. Proses editing ini akan memperkuat pesan yang ingin disampaikan, sekaligus meningkatkan nilai produksi secara keseluruhan.

Masing-masing teknik videografi menggunakan drone mempunyai kekuatan tersendiri, tapi hasil terbaik biasanya muncul saat kamu menggabungkannya dalam satu rangkaian video. Sebuah video promosi tempat wisata, misalnya, bisa dibuka dengan reveal dari balik pepohonan, lalu dilanjutkan orbit mengelilingi tugu utama, diikuti dolly in menuju pengunjung yang sedang duduk, lalu follow shot saat mereka berjalan menyusuri jalan setapak, dan ditutup dengan top-down yang memperlihatkan pemandangan sekeliling dari atas. Dengan menggabungkan berbagai teknik gerak drone, kamu menciptakan alur visual yang tidak monoton, lebih bervariasi, dan pastinya lebih profesional.

## Struktur dan Format Produksi Konten Drone

Tahun 2025 menandai puncak dari revolusi *short video content*. Platform seperti TikTok, Instagram Reels, dan YouTube Shorts mendominasi konsumsi media visual global. Pola tontonan masyarakat kini beralih ke video berdurasi singkat, padat, dan menarik secara visual. Dalam konteks ini, kualitas pengambilan gambar menjadi faktor utama untuk menarik perhatian dalam beberapa detik pertama. Di sinilah **drone videography** muncul sebagai game-changer yang menghadirkan sudut pandang yang segar dan sinematik, bahkan dalam video berdurasi di bawah satu menit. Untuk itu, kreator video kini disarankan untuk merancang struktur konten dengan mempertimbangkan storytelling yang cepat namun berkesan :

1. **Opening (0–5 detik):** Gunakan drone shot yang dramatis untuk menarik perhatian.
2. **Main Story (6–30 detik):** Gabungkan *ground footage* dengan aerial view untuk transisi dinamis.
3. **Closing (31–60 detik):** Akhiri dengan *pull-away shot* atau *top-down reveal* yang memberi kesan sinematik dan menutup cerita dengan elegan.

Format vertikal tetap menjadi standar utama di 2025, namun perekaman 4K memungkinkan fleksibilitas editing untuk horizontal maupun square ratio. Drone kini bukan hanya perangkat kreatif, tetapi alat komunikasi visual yang membentuk tren estetika baru di dunia digital.

## BAB 5

### PENINGKATAN KAPASITAS SDM DALAM PENGGUNAAN DRONE

#### A. Studi Kasus Pelatihan Penggunaan Drone untuk Pemetaan

Pusat Pendidikan dan Pelatihan SDM Kementerian Kehutanan merupakan sebuah lembaga pelatihan yang berfokus pada peningkatan kompetensi aparatur dan tenaga teknis di bidang kehutanan. Seiring berkembangnya teknologi pemetaan modern, kebutuhan akan keterampilan operasional drone meningkat sangat pesat, terutama untuk kegiatan inventarisasi, monitoring kawasan hutan, patroli kawasan konservasi, dan pengumpulan data spasial berbasis SIG. Melihat kebutuhan tersebut, Pusat Diklat SDM Kementerian Kehutanan secara aktif mengembangkan kurikulum pelatihan yang tidak hanya mengajarkan teori, tetapi juga praktik lapangan terkait perencanaan misi terbang, pengambilan foto udara, hingga pengolahan data menjadi peta yang akurat dan dapat digunakan dalam perencanaan pengelolaan hutan. Lahirlah kurikulum Pelatihan Penggunaan Drone untuk Bidang Lingkungan Hidup dan Kehutanan dengan nomor Nomor: SK. 230 /Dik/PEPE/Dik-2/10/2020.

Selain untuk kegiatan pemetaan, Pusat Diklat SDM Kementerian Kehutanan juga menyadari bahwa drone memiliki peran strategis dalam menghasilkan dokumentasi visual baik fotografi maupun videografi yang dibutuhkan untuk publikasi, sosialisasi, edukasi masyarakat, serta pelaporan resmi kondisi hutan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dibuat kembali kurikulum yang berbeda berdasarkan kebutuhan tersebut yaitu Kurikulum Pelatihan Drone untuk Fotografi dan Videografi dengan nomor SK. 103 /Dik/TU/Dik-2/4/2023. Melalui pelatihan, peserta dibekali keterampilan teknis menggunakan drone untuk menghasilkan gambar dan video yang informatif dan berkualitas tinggi. Pelatihan ini tidak hanya meningkatkan kompetensi individu, tetapi juga mendorong transformasi digital di instansi kehutanan, sehingga kegiatan publikasi, monitoring, penyuluhan, dan diseminasi informasi dapat dilakukan dengan lebih efektif, cepat, dan menarik.

Pusat Diklat SDM Kementerian Kehutanan telah menyelenggarakan Pelatihan Penggunaan Drone untuk Bidang Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang diikuti oleh 28 orang peserta aparatur lingkup Kementerian Kehutanan pada tanggal 23 s/d 28 September 2024. Materi yang

diberikan mulai dari Kebijakan/ Peraturan terkait Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak, Dasar-dasar SIG dan Pemetaan, Teknik Pengoperasian Drone, dan Pengolahan Data Hasil Drone. Muatan materi terdiri atas 14 Jam pelajaran teori dan 21 jam pelajaran praktik. Kegiatan dilaksanakan di ruang kelas maupun di lapangan.

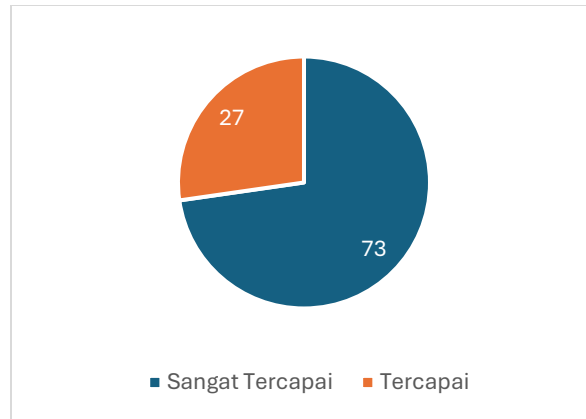
Pada proses pembelajaran, umumnya dimulai dari kegiatan di dalam kelas untuk membekali peserta dengan dasar-dasar teori. Pada sesi ini biasanya dilengkapi dengan diskusi interaktif dan tanya jawab sehingga peserta dapat memahami penerapannya di lapangan sesuai konteks pekerjaan mereka. Pendekatan ini penting agar peserta tidak hanya menguasai teori, tetapi juga siap menghadapi berbagai situasi operasional saat mengoperasikan drone secara langsung.

Setelah pembelajaran teori, peserta mengikuti praktik lapangan sebagai inti dari pelatihan penggunaan drone. Mereka belajar melakukan manuver dasar, memahami kontrol penerbangan, hingga melaksanakan misi terbang yang dirancang untuk pemetaan spasial menggunakan aplikasi perencanaan misi. Peserta juga mempraktikkan teknik pengambilan gambar dan video udara sesuai kebutuhan pemetaan maupun dokumentasi visual. Data yang dikumpulkan kemudian diolah menjadi produk spasial seperti orthomosaic. Respon peserta umumnya sangat positif; mereka menunjukkan antusiasme tinggi selama praktik karena langsung merasakan manfaat dan tantangan mengoperasikan drone secara profesional.

Pusat Diklat SDM Kehutanan secara konsisten melakukan evaluasi pelaksanaan pelatihan sebagai upaya memastikan mutu pembelajaran tetap terjaga dan terus meningkat. Evaluasi ini dilakukan dengan menilai berbagai aspek, mulai dari pencapaian tujuan program pelatihan, kualitas dan relevansi materi yang disampaikan, efektivitas metode pembelajaran di kelas dan praktik lapangan, hingga kecukupan sarana-prasarana yang digunakan selama pelatihan berlangsung. Berikut rincian hasil evaluasi pelaksanaan pelatihan secara rinci :

#### **1. Tujuan Program Pelatihan**

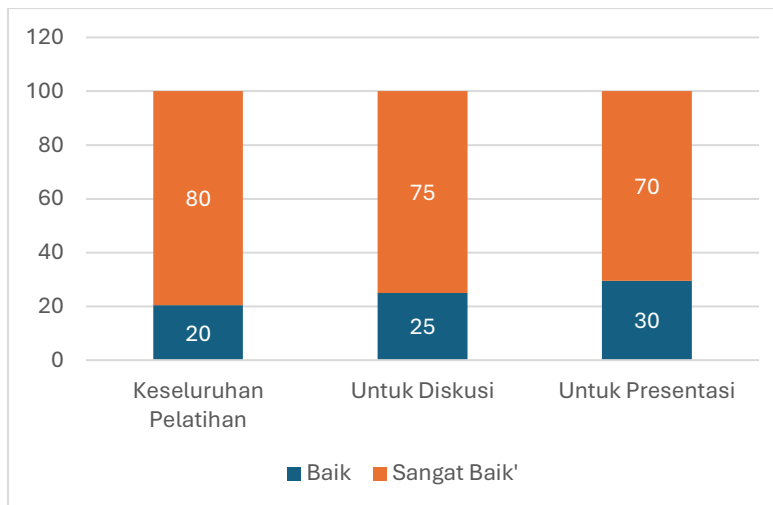
Pelatihan Penggunaan Drone untuk Bidang Lingkungan Hidup dan Kehutanan dinilai sebanyak 73% menyatakan tujuan program pelatihan tercapai dengan predikat sangat baik.



Gambar 5. 1. Capaian Tujuan Pembelajaran

## 2. Alokasi Waktu Pelatihan

Evaluasi Pelaksanaan Pelatihan juga menilai apakah alokasi waktu pelatihan yang tersedia diatur dalam kurikulum pelatihan sudah terpenuhi atau belum baik waktu pelaksanaan pelatihan secara keseluruhan, waktu untuk berdiskusi maupun waktu untuk presentasi. Hasil menunjukkan hampir semua aspek alokasi waktu pelatihan dinyatakan sangat baik.

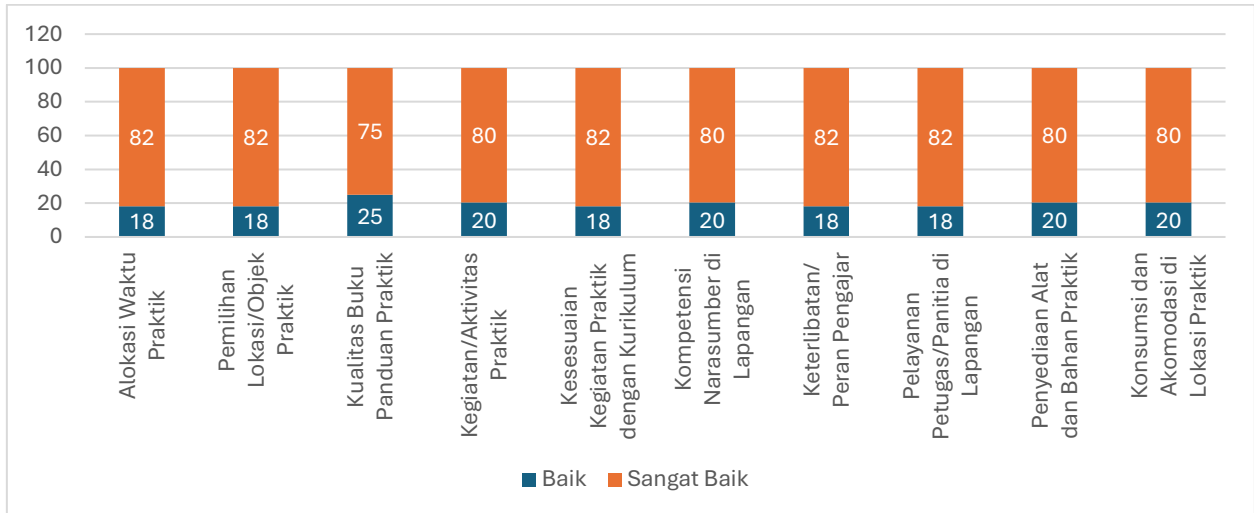


Gambar 5. 2. Penilaian Alokasi Waktu Pelatihan

## 3. Kegiatan Praktik

Pelatihan drone tentu akan didominasi dengan kegiatan praktik lapangan, sehingga penting dilakukan evaluasi hasil penilaian peserta terhadap kegiatan praktik yang meliputi aspek alokasi waktu praktik, penentuan lokasi praktik, kualitas panduan praktik, kegiatan/ aktivitas praktik, kesesuaian kegiatan praktik dengan kurikulum, kompetensi narasumber di lapangan, keterlibatan/ peran pengajar, pelayanan petugas/panitia di lapangan, penyediaan alat serta

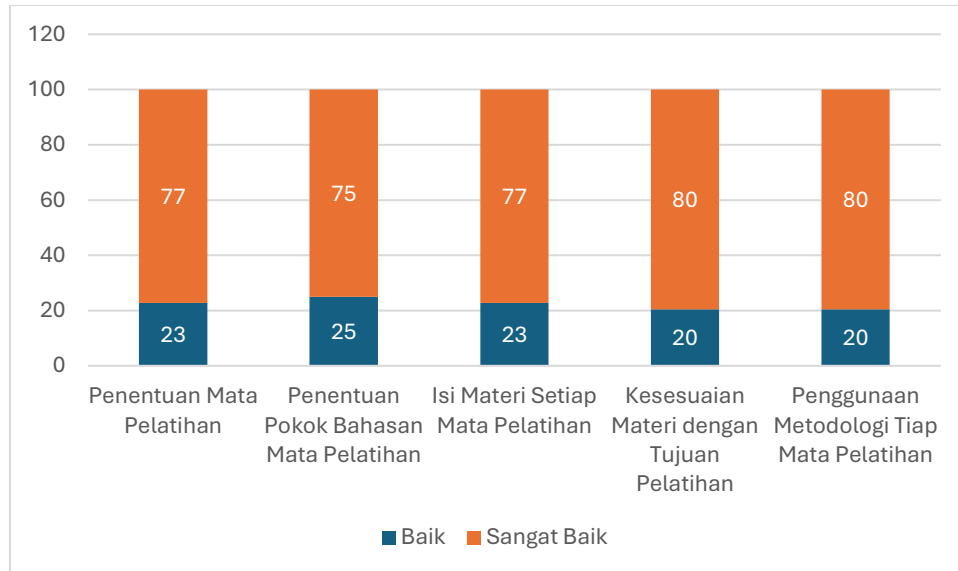
konsumsi dan akomodasi di lokasi dan bahan praktik. Dari semua aspek yang ada diperoleh penilaian dengan predikat sangat baik berkisar 75 - 82 %, sementara predikat baik berkisar 18 - 25 %



Gambar 5. 3. Penilaian Kegiatan Praktik

#### 4. Komposisi Kurikulum Pelatihan

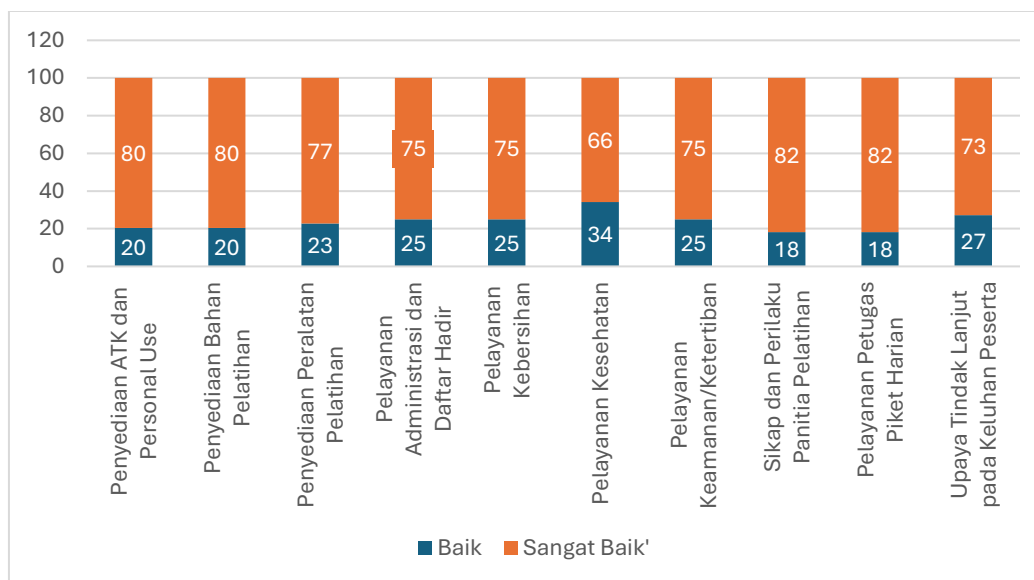
Kurikulum pelatihan menjadi penting untuk dirancang dengan menyesuaikan kebutuhan peserta, mulai dari penentuan mata pelatihan yang diberikan, isi pokok bahasan dalam mata pelatihan, kesesuaian materi dengan tujuan pelatihan hingga penggunaan metodologi belajar. Hasil penilaian yang diperoleh dalam komposisi kurikulum pelatihan menyatakan sangat baik dengan kisaran angka 75 -80 % dan menyatakan baik dengan kisaran angka 20 – 25 %.



Gambar 5. 4. Penilaian Komposisi Kurikulum Pelatihan

#### 5. Pelayanan Panitia Pelaksana Pelatihan

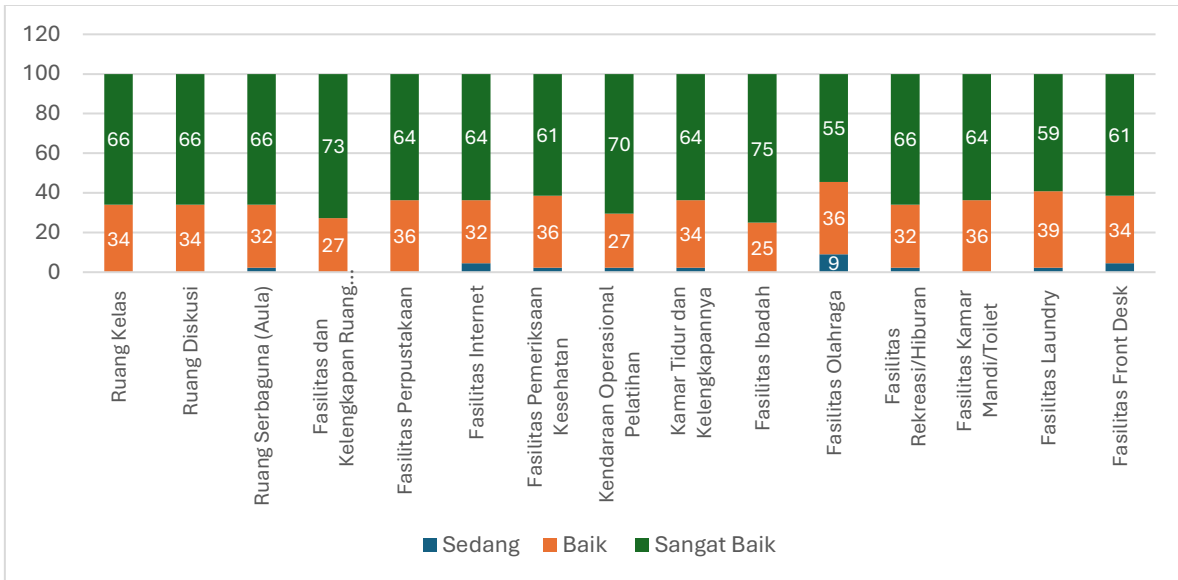
Pelayanan yang efektif dari panitia pelaksana pelatihan sangat krusial dan memiliki banyak dimensi kepentingan, yang secara umum berkontribusi pada kesuksesan keseluruhan acara dan pengalaman peserta. Panitia adalah titik kontak utama antara peserta, pelatih (widyaiswara), dan manajemen penyelenggara pelatihan. Pelayanan yang baik memastikan komunikasi yang jelas dan tepat waktu, menjembatani kesenjangan informasi dan memastikan semua pihak terkait berada dalam persepsi yang sama. Hasil penilaian terhadap pelayanan panitia pelaksana diperoleh dalam kisaran 66 – 82 % menyatakan sangat baik dan kisaran 18 – 34 % menyatakan baik. Dari sekian aspek yang dinilai, aspek pelayanan kesehatan dinilai paling rendah sejumlah 66 % menyatakan sangat baik. Maka hal ini menjadi penting untuk ditingkatkan kembali. Pelayanan panitia pelaksana pelatihan yang optimal adalah investasi kritis yang mengubah acara pelatihan biasa menjadi pengalaman yang berkesan, efektif, dan profesional.



Gambar 5. 5. Penilaian Pelayanan Panitia Pelaksana Pelatihan

## 6. Fasilitas Sarana dan Prasarana

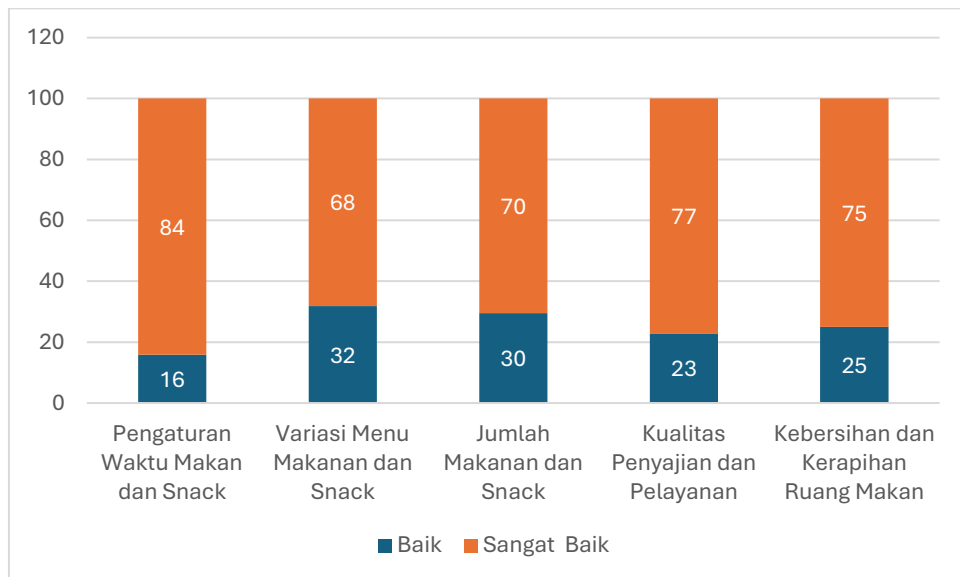
Fasilitas sarana dan prasarana yang memadai memegang peranan penting dalam menunjang kelancaran proses belajar pada setiap kegiatan pelatihan. Ketersediaan ruang kelas yang nyaman, perpustakaan yang menyediakan referensi pendukung, kamar penginapan yang layak, tempat ibadah, serta area olahraga dan ruang terbuka menjadi faktor yang sangat berpengaruh terhadap suasana belajar peserta. Lingkungan belajar yang tertata dengan baik tidak hanya meningkatkan konsentrasi dan kenyamanan, tetapi juga mendorong interaksi positif antar peserta maupun dengan pengajar. Dengan dukungan sarana prasarana yang lengkap, proses pembelajaran dapat berlangsung lebih efektif, peserta lebih fokus mengikuti rangkaian kegiatan, dan hasil pelatihan pun dapat mencapai kualitas yang optimal. Hasil penilaian terhadap fasilitas sarana dan prasarana dengan berbagai aspek diperoleh menyatakan sangat baik dengan angka berkisar 55 – 73 %, lalu menyatakan baik dengan angka berkisar 25 – 39 %, bahkan ada yang menyatakan sedang sejumlah 9 % untuk penilaian fasilitas olahraga.



Gambar 5. 6. Penilaian Fasilitas Sarana dan Prasarana

### 7. Pelayanan Konsumsi (Sarana dan Prasarana)

Pelayanan konsumsi dalam suatu pelatihan memiliki peran yang sangat penting, tidak hanya sekadar pelengkap, tetapi juga merupakan faktor krusial yang memengaruhi fokus, produktivitas, dan kepuasan peserta. Penilaian dilakukan terhadap pengaturan waktu makan dan snack, variasi menu makanan, jumlah ketersediaan makanan, kualitas penyajian dan pelayanan makan, serta kebersihan dan kerapihan ruang makan. Hasil penilaian diperoleh berkisar 68 – 84 % menyatakan sangat baik dan berkisar 16 – 32 % menyatakan baik.



Gambar 5. 7. Pelayanan Konsumsi

Umpan balik dari peserta menjadi bahan penting dalam penilaian, agar proses perbaikan dapat dilakukan secara berkelanjutan dan hasil pelatihan benar-benar mampu meningkatkan kompetensi aparatur dalam pengoperasian drone untuk pemetaan maupun dokumentasi visual kehutanan.

Evaluasi pelaksanaan pelatihan menjadi aspek yang sangat penting dalam menjamin kualitas penyelenggaraan program peningkatan kapasitas SDM. Melalui penilaian yang komprehensif mulai dari kualitas materi, metode pembelajaran, fasilitator, hingga sarana prasarana, Pusat Diklat SDM dapat memastikan bahwa proses pelatihan berjalan efektif dan memenuhi kebutuhan peserta. Hasil evaluasi yang menunjukkan dominasi penilaian **sangat baik** dari para peserta menjadi bukti nyata bahwa penyelenggaraan pelatihan telah dilakukan dengan profesional dan berstandar tinggi. Capaian ini sekaligus mengantarkan Pusat Diklat SDM Kementerian Kehutanan meraih penghargaan sebagai Juara Terbaik ke-3 Lembaga Pelatihan Berprestasi tingkat nasional, Kategori Lembaga Penyelenggara Pelatihan Pemerintah Pusat yang diselenggarakan oleh LAN pada tanggal 3 Desember 2025, sebuah pengakuan yang memperkuat komitmen untuk terus meningkatkan mutu pelatihan di masa mendatang



Gambar 5. 8. Piagam Penghargaan yang diterima Pusat Diklat SDM, Kementerian Kehutanan

Pengalaman studi kasus pelatihan penggunaan drone untuk bidang lingkungan hidup dan kehutanan ini menunjukkan bahwa praktik nyata peningkatan kompetensi merupakan kebutuhan mendesak bagi SDM di bidang kehutanan. Kemampuan mengoperasikan drone baik untuk pemetaan maupun dokumentasi visual telah menjadi keterampilan teknis yang harus dikuasai oleh petugas lapangan di berbagai wilayah. Namun, penyebaran kompetensi tersebut masih belum merata, sehingga pelatihan serupa perlu terus diselenggarakan secara lebih luas, terstruktur, dan berkelanjutan. Dengan memperbanyak kesempatan belajar di berbagai daerah, diharapkan kualitas SDM kehutanan dapat meningkat secara menyeluruh, sehingga mampu mendukung tugas pemantauan, perlindungan, dan pengelolaan hutan secara lebih efektif di era teknologi digital.

## **B. Studi Kasus Upaya Konservasi Hutan Menggunakan Drone**

Beberapa studi kasus menunjukkan betapa suksesnya penggunaan drone dalam upaya konservasi hutan. Salah satunya adalah penggunaan drone untuk melacak harimau hutan di Sumatra. Harimau hutan adalah spesies yang terancam punah, dan pelestari hutan telah berusaha keras untuk melindungi mereka dari perburuan ilegal. Dengan bantuan drone, mereka dapat memantau pergerakan harimau hutan tanpa mengganggu hewan tersebut.

Menurut Rebecca Tan (2023), drone yang dilengkapi kamera beresolusi tinggi telah menjadi alat yang berharga untuk memantau dan melindungi hutan. Drone memberikan perspektif udara yang dulunya hanya dapat diakses melalui penerbangan berawak yang mahal. Berikut beberapa contoh spesifik bagaimana drone memberikan dampak signifikan dalam konservasi hutan :

1. **Pencegahan Penebangan Kayu Ilegal:** Drone berpatroli di area hutan yang luas, sebagai pencegah yang ampuh bagi penebang kayu ilegal, karena dapat mengambil bukti foto yang membantu penegak hukum dalam melacak dan menuntut pihak yang bertanggung jawab.
2. **Melindungi Satwa Liar yang Rentan :** Drone memantau habitat spesies yang terancam punah, menyediakan data yang membantu para konservasionis untuk lebih memahami dan melindungi hewan-hewan ini. Drone membantu melacak populasi satwa liar, mempelajari perilaku mereka, dan mengidentifikasi potensi ancaman terhadap habitat mereka.

3. **Deteksi Kebakaran Cepat:** Dilengkapi dengan kamera termal, drone dapat mendeteksi kebakaran hutan dengan cepat, memungkinkan respons cepat untuk mengendalikan dan memadamkan api.
4. **Deteksi Dini Penyakit: Drone** multispektral dan yang dilengkapi LiDAR mendeteksi tanda-tanda penyakit dan stres pada pohon, membantu pengelola hutan untuk segera bertindak dan mencegah kerusakan lebih lanjut.
5. **Penghijauan dengan Presisi:** Drone memastikan penanaman pohon secara tepat di lokasi yang paling memungkinkan pohon tersebut tumbuh subur, sehingga mengoptimalkan upaya penghijauan.
6. **Penyemaian Area Gersang:** Drone penyebar benih digunakan untuk menutupi area yang telah mengalami deforestasi atau kerusakan akibat kebakaran dengan benih, sehingga memicu pertumbuhan kembali hutan.
7. **Penilaian Kualitas Udara:** Drone yang dilengkapi dengan sensor kualitas udara memantau perubahan komposisi udara akibat deforestasi, yang memengaruhi kebijakan penggunaan lahan dan konservasi.
8. **Pemetaan Tutupan Hutan:** Drone membuat peta 3D hutan yang detail, memungkinkan para konservasionis untuk memantau perubahan tutupan hutan dan merencanakan strategi konservasi yang efektif.
9. **Memantau Kesehatan Hutan:** Drone memberikan penilaian rutin terhadap kesehatan pohon dan vegetasi, memungkinkan intervensi dini untuk menyelamatkan hutan dari penyakit dan hama.
10. **Konservasi Satwa Liar yang Efisien :** Pemantauan udara menggunakan drone hemat biaya dan mengurangi campur tangan manusia di habitat satwa liar, sehingga menjadi solusi yang menguntungkan bagi konservasi

## BAB 6

### TANTANGAN, PELUANG DAN MASA DEPAN DRONE DI BIDANG KEHUTANAN

#### A. Keterbatasan Teknis dan Operasional

Meskipun teknologi drone telah berkembang pesat dan menawarkan berbagai kemudahan dalam kegiatan pemetaan dan dokumentasi kehutanan, penggunaannya tetap menghadapi sejumlah keterbatasan teknis yang perlu diperhatikan. Salah satu tantangan utama adalah **durasi terbang yang terbatas**, terutama pada drone multirotor yang umumnya hanya mampu bertahan 20–30 menit sekali terbang, sehingga kurang ideal untuk memetakan kawasan hutan yang luas. Selain itu, kondisi **cuaca dan lingkungan hutan** seperti angin kencang, kabut, hujan, serta kanopi yang rapat dapat menghambat proses akuisisi data. Lingkungan dengan medan ekstrem atau topografi curam juga menyulitkan pilot dalam menjaga kestabilan sinyal dan visibilitas drone. Tantangan teknis lain meliputi kapasitas baterai, kualitas sensor kamera, keterbatasan jangkauan sinyal, serta potensi gangguan magnetik atau interferensi yang dapat mengurangi akurasi hasil pemetaan.

Dari sisi operasional, tantangan muncul dalam bentuk **kesiapan SDM dan kemampuan pilot drone (operator drone)**, terutama ketika harus menjalankan misi terbang kompleks atau mengoperasikan perangkat lunak pemetaan yang membutuhkan kompetensi teknis tinggi. Untuk itu pelatihan penggunaan drone untuk bidang lingkungan hidup dan kehutanan yang pernah diselenggarakan oleh Pusat Diklat SDM Kementerian Kehutanan menjadi salah satu solusi yang tepat dalam menyiapkan kapasitas SDM yang lebih unggul dan terlatih. Aspek lainnya, keterbatasan muncul pada **kualitas dan kapasitas perangkat pendukung** seperti komputer untuk pemrosesan data, perangkat lunak pemetaan, serta jaringan internet yang memadai. Pengolahan data fotogrametri, terutama untuk menghasilkan *orthomosaic* atau *3D model*, membutuhkan perangkat komputer berspesifikasi tinggi yang sering kali belum tersedia di semua unit kerja kehutanan.

Kemudian, beberapa kawasan hutan yang berada di wilayah terpencil juga menghadirkan kendala logistik, seperti keterbatasan sumber listrik untuk pengisian baterai atau minimnya akses internet untuk proses sinkronisasi data dan pemrosesan *cloud*. Tidak hanya itu, aspek

administratif seperti **perizinan terbang**, koordinasi dengan otoritas terkait, serta kepatuhan terhadap regulasi penerbangan menjadi bagian dari hambatan operasional yang harus dipenuhi sebelum drone dapat dikerahkan ke lapangan. Semua keterbatasan ini menjadikan pentingnya perencanaan matang, kesiapan teknis, dan pelatihan yang memadai agar pengoperasian drone di bidang kehutanan dapat berlangsung optimal, aman, dan menghasilkan data yang berkualitas

## **B. Inovasi dan Tren Teknologi**

Perkembangan teknologi drone terus mengalami lompatan signifikan yang membuka peluang besar bagi pengelolaan hutan di masa depan. Salah satu inovasi utama adalah meningkatnya kemampuan *autonomous flight* berbasis kecerdasan buatan (AI), yang memungkinkan drone merencanakan dan mengeksekusi misi pemetaan maupun pemantauan tanpa banyak intervensi manusia. Teknologi ini sangat bermanfaat untuk kawasan hutan dengan medan sulit, cuaca dinamis, atau area yang rawan kebakaran. Selain itu, perkembangan *real-time monitoring* melalui konektivitas 4G/5G memungkinkan data langsung dikirim ke pusat komando, sehingga deteksi dini kebakaran, perambahan, atau bencana dapat dilakukan lebih cepat dan akurat.

Tren berikutnya adalah penggunaan sensor multispektral, hiperspektral, dan LiDAR yang semakin terjangkau serta lebih mudah dioperasikan. Sensor ini memberikan kemampuan observasi vegetasi yang jauh lebih detail, mulai dari kesehatan kanopi, biomassa, tingkat stres pohon, hingga struktur tegakan hutan secara tiga dimensi. Inovasi ini mendukung kegiatan inventarisasi hutan yang lebih presisi dan berkelanjutan, serta membantu penentuan kebijakan berbasis data ilmiah. Kombinasi sensor canggih dengan *machine learning* juga memungkinkan analisis otomatis seperti identifikasi jenis tanaman, pemetaan batas kawasan, dan penghitungan volume tegakan secara efisien.

Selain itu, perkembangan drone berukuran mini dan *heavy-lift drone* membuka peluang penggunaan yang lebih luas dalam kegiatan kehutanan. Drone mini dapat digunakan untuk survei cepat pada area sempit atau berisiko tinggi, sementara drone berkapasitas angkut besar memungkinkan pengiriman bibit untuk reforestasi melalui metode *drone seeding*. Ke depan, integrasi drone dengan platform digital seperti *cloud GIS*, *digital twin forest*, dan dashboard tata

kelola hutan akan membuat proses pemantauan semakin otomatis, transparan, dan mudah diakses oleh pemangku kepentingan. Semua tren ini menunjukkan bahwa teknologi drone akan menjadi tulang punggung modernisasi pengelolaan hutan di Indonesia.

## BAB 6

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Buku "*Menjelajah Hutan dari Udara: Pemetaan dan Dokumentasi Visual dengan Drone*" disusun sebagai panduan komprehensif bagi para praktisi, aparat, dan pemerhati kehutanan dalam memahami serta memanfaatkan teknologi drone secara tepat guna. Melalui pembahasan yang terstruktur, buku ini memberikan landasan teoretis dan teknis mengenai pemetaan hutan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), mulai dari konsep pemetaan udara, perencanaan misi terbang, teknik akuisisi data spasial, hingga pengolahan data menjadi produk peta yang akurat. Dengan demikian, buku ini menjawab tujuan pertama, yaitu menyediakan rujukan utuh tentang bagaimana drone dapat digunakan secara efektif untuk pemetaan kawasan hutan.

Selain itu, buku ini menguraikan teknik fotografi dan videografi udara sebagai bagian dari dokumentasi visual yang penting untuk publikasi, edukasi, serta upaya pelestarian hutan. Penjelasan mengenai teknik pengambilan gambar, perekaman video, serta proses penyuntingan dan pengemasan konten visual membuka pemahaman bahwa drone tidak hanya berfungsi sebagai alat teknis pemetaan, tetapi juga sebagai media komunikasi visual yang strategis. Hal ini telah memenuhi tujuan kedua dari penyusunan buku.

Buku ini juga memberikan kontribusi bagi peningkatan kapasitas sumber daya manusia di bidang kehutanan yang saat ini dituntut untuk lebih adaptif dan menguasai teknologi. Penjabaran tentang praktik pelatihan, studi kasus penggunaan drone, hingga tantangan dan peluang teknologi di masa depan memberikan gambaran nyata mengenai bagaimana keterampilan operator drone dapat terus ditingkatkan. Dengan demikian, tujuan ketiga, yakni meningkatkan kompetensi operator drone, dapat terpenuhi melalui pemahaman yang holistik. Pada akhirnya, buku ini mendorong percepatan pemanfaatan drone sebagai instrumen strategis dalam konservasi hutan. Kombinasi antara kemampuan pemetaan spasial dan dokumentasi visual menjadikan drone sebagai perangkat yang memperkuat proses monitoring, publikasi, dan edukasi konservasi. Dengan memberikan panduan teknis dan praktik lapangan yang aplikatif,

buku ini secara langsung mendukung tujuan keempat, yaitu meningkatkan penggunaan drone untuk upaya pelestarian hutan di Indonesia.

## **B. Rekomendasi**

Melalui penyusunan buku ini, terdapat beberapa rekomendasi umum yang dapat menjadi acuan bagi pengambil kebijakan, lembaga pelatihan, praktisi kehutanan, dan operator drone. **Pertama**, perlu adanya peningkatan program pelatihan dan sertifikasi operator drone yang lebih merata, terjangkau, dan sesuai standar nasional agar kebutuhan SDM yang kompeten di bidang pemetaan dan dokumentasi visual dapat terpenuhi di seluruh daerah. **Kedua**, institusi kehutanan di tingkat pusat maupun daerah diharapkan memaksimalkan penggunaan drone sebagai perangkat monitoring dan publikasi, termasuk menyediakan fasilitas pendukung seperti perangkat drone yang memadai, perangkat lunak pengolahan data, serta infrastruktur penyimpanan dan pengelolaan data spasial.

**Ketiga**, diperlukan penyusunan regulasi internal yang lebih jelas dan operasional mengenai penggunaan drone dalam kegiatan kehutanan, khususnya terkait keamanan penerbangan, standar pengambilan data, dan etika publikasi visual. **Keempat**, lembaga penelitian dan akademisi perlu memperkuat kolaborasi untuk mendorong inovasi teknologi drone serta pemanfaatan data spasial dalam pengelolaan hutan. **Terakhir**, buku ini merekomendasikan agar dokumentasi visual dan produk pemetaan dari drone terus dimanfaatkan sebagai media edukasi publik dalam rangka meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pelestarian hutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan.
- Anonim. 2020. 10 Manuver Penerbangan Drone Terbaik untuk Fotografi Udara. Diunduh pada <https://store.dji.bg/en/blog/top-10-drone-flight-maneuvers-for-aerial-photography> hari Sabtu, 29 November 2025 Jam 10.00 wib.
- Anonim. 2025. 5 Teknik Gerak Drone yang Bikin Video Kamu Makin Profesional. Diunduh pada <https://sewadronejogja.co.id/5-teknik-gerak-drone-yang-bikin-video-kamu-makin-profesional/> hari Selasa, 2 Desember 2025 Jam 20.00 wib
- Anonim. 2022. Tips Fotografi Drone. Diunduh pada <https://www.kingston.com/id/blog/personal-storage/drone-photography-tips> hari Selasa, 2 Desember 2025 Jam 20.30 wib
- Anonim . 2024. Aturan Menerbangkan Drone di Indonesia untuk Pemula. Diunduh pada <https://sinarphoto.com/NewsInfo.asp?id=110> hari Selasa, 3 Desember 2025 Jam 20.00 wib
- Anonim. 2023. Regulasi dalam Penerbangan Drone. Diunduh pada <https://siar.or.id/2023/03/16/regulasi-dalam-penerbangan-drone-wta/> hari Minggu, 6 Desember 2025 Jam 08.00 wib
- Ari. 2023. Drone untuk Satwa Liar : Solusi Revolusioner Konservasi Hutan. Diunduh pada <https://ari.blog.uma.ac.id/2023/10/07/drone-untuk-satwa-liar-solusi-revolusioner-konservasi-hutan/> hari Selasa, 2 Desember 2025 Jam 21.00 wib
- Basyuni M, dkk. 2021. Mengenal Drone dalam Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya Dalam Penelitian Kehutanan. USUpres. ISBN 978-602-465-330-9 : Medan
- Creswell JW. 2016. Research Design: Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran. Edisi 4. Yogyakarta (ID): Pustaka Pelajar. Terjemahan dari: Research Design, Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches
- Faqih Rofii dkk. 2018. Drone untuk Fotografi dan Videografi bagi Pegiat Wisata Desa GubugKlakah Poncokusumo Kabupaten Malang. Prosiding Conference on Inovation and Application of Science and Technology. ISSN cetak : 2622-1276 : Malang
- Gamin dkk, 2024. Drone : Teori, Praktik, Kebijakan, dan Implementasi. Penerbit Deepublish; Yogyakarta
- Papilaya, Alex. 2015. Drone : Foto dan Videografi. PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.
- Satar, Musnanda. 2022. Drone untuk Konservasi : Pemantauan dan Evaluasi Kawasan Bernilai Konservasi Tinggi. Yayasan Konservasi Alam Nusantara. Diunduh pada <https://www.ykan.or.id/id/publikasi/artikel/perspektif/drone-untuk-konservasi/> tanggal 8 Agustus 2025 jam 15.00 wib
- Wibowo, Agus. 2022. Teknologi Drone. Penerbit : Yayasan Prima Agus Teknis : Semarang



# MENJELAJAH HUTAN DARI UDARA

Pemetaan dan Dokumentasi  
Visual dengan Drone



**KEMENTERIAN KEHUTANAN**

**2025**

ISBN 978-623-440-116-5



9 786234 401165