

ANALISIS KONSEP FISIKA PADA PENGGUNAAN DRONE DALAM PEMANTAUAN PERTANIAN

Nabilah Az Zahra¹, Rada², Sudarti³

azzahranabilah373@gmail.com¹, ervinaradayanti@gmail.com², sudarti.fkip@unej.ac.id³

Universitas Jember

ABSTRAK

Penggunaan drone dalam sektor pertanian telah mengalami perkembangan signifikan, baik dari segi teknologi maupun aplikasinya. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis konsep-konsep fisika yang mendasari penggunaan drone dalam pemantauan dan pengelolaan pertanian. Analisis dilakukan dengan pendekatan studi literatur terhadap berbagai publikasi nasional dan internasional dari tahun 2019 hingga 2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa prinsip fisika seperti hukum Newton, hukum Bernoulli, serta konsep keseimbangan gaya dan tegangan material, sangat relevan dalam desain struktural dan operasional drone, khususnya jenis hexacopter. Selain itu, penggunaan sensor multispektral dan sistem RF untuk pengambilan data lingkungan juga mengandalkan prinsip elektromagnetik dan penginderaan jauh. Dari segi penerapan, drone terbukti meningkatkan efisiensi pemupukan, penyemprotan pestisida, pemantauan kesehatan tanaman, hingga pemetaan lahan dengan akurasi tinggi melalui integrasi sistem informasi geografis (SIG). Meskipun demikian, tantangan masih ditemukan, seperti gangguan sinyal dalam transmisi data, biaya awal yang tinggi, dan kebutuhan terhadap keterampilan teknis pengguna. Penelitian ini menegaskan bahwa pemahaman terhadap konsep fisika sangat krusial dalam pengembangan dan optimalisasi penggunaan drone untuk pertanian presisi di era modern.

Kata Kunci: Drone Pertanian, Konsep Fisika, Pemantauan Tanaman, Efisiensi, Penginderaan Jauh.

ABSTRACT

The use of drones in the agricultural sector has undergone significant development, both in terms of technology and its applications. This article aims to analyze the physical concepts underlying the use of drones in monitoring and managing agriculture. The analysis is conducted with a literature study approach on various national and international publications from 2019 to 2025. The findings indicate that physical principles such as Newton's laws, Bernoulli's principle, and concepts of force balance and material tension are highly relevant in the structural design and operational aspects of drones, particularly hexacopter types. In addition, the use of multispectral sensors and RF systems for environmental data collection also relies on electromagnetic principles and remote sensing. In terms of application, drones have proven to enhance the efficiency of fertilization, pesticide spraying, crop health monitoring, and high-accuracy land mapping through the integration of Geographic Information Systems (GIS). However, challenges are still present, such as signal interference in data transmission, high initial costs, and the need for users to have technical skills. This study emphasizes that understanding the concepts of physics is crucial in the development and optimization of drone use for precision agriculture in the modern era.

Keywords: Agricultural Drones, Physics Concepts, Crop Monitoring, Efficiency, Remote Sensing.

PENDAHULUAN

Dunia pertanian telah mengalami perubahan besar sebagai akibat dari kemajuan teknologi di era digital dan Revolusi Industri 4.0. Penggunaan drone sebagai alat bantu dalam berbagai tugas pertanian, seperti pemetaan lahan, pemupukan, penyemprotan pestisida, dan pemantauan pertumbuhan tanaman secara real-time, adalah salah satu inovasi yang mulai banyak diadopsi. Teknologi drone dianggap dapat meningkatkan produktivitas, menghemat waktu, dan melindungi kesehatan petani dari paparan bahan kimia berbahaya.

Seiring dengan peningkatan penggunaan drone di bidang pertanian, penting untuk melakukan studi ilmiah tentang dasar kerja alat ini, terutama dari perspektif fisika. Sistem

kerja drone bergantung pada konsep fisika seperti dinamika fluida, hukum Newton, Bernoulli, dan Archimedes. Ini mencakup hal-hal seperti pengendalian arah, kemampuan terbang, dan penyemprotan cairan pestisida secara merata di lahan pertanian. Konsep fisika ini memungkinkan drone terbang stabil dan mengangkat muatan cairan untuk keperluan pertanian.

Berbagai studi telah membuktikan efektivitas penggunaan drone dalam sektor pertanian. Menurut penelitian Kudyba & Sun (2025), penggabungan drone dengan sensor RF yang memanen energi nirkabel tanpa baterai sangat mungkin untuk memantau lingkungan pertanian dengan tepat. Drone dapat bermanfaat untuk pertanian, menurut penelitian sebelumnya. Studi yang dilakukan oleh Siregar (2022) menunjukkan bahwa drone memiliki kemampuan untuk memetakan lahan dengan akurat dan juga dapat mengidentifikasi penyakit tanaman secara dini. Selain itu, penelitian Erlangga et al. (2024) memeriksa kekuatan struktur hexacopter drone dan menemukan bahwa desain dapat menahan beban operasional dalam kondisi hover, menunjukkan bahwa desain tersebut aman untuk digunakan di lapangan.

Dengan semakin luasnya pemanfaatan drone dalam dunia pertanian, ada sedikit penelitian yang menganalisis konsep fisika yang terlibat dalam penggunaan drone di bidang pertanian, terutama dalam konteks pemantauan dan penyemprotan tanaman. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis konsep fisika yang digunakan dalam penggunaan drone, khususnya dalam pemantauan pertanian, dan bagaimana penerapan konsep-konsep ini dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja di pertanian.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif kualitatif yang digunakan dalam bentuk artikel review meninjau 20 artikel internasional dan nasional. Google Scholar adalah sumber literatur yang digunakan. PubMed dan aplikasi harzing publish atau purish yang telah terindeks oleh SINTA dievaluasi sebelum menjadi jurnal ini. Menganalisis penerapan konsep-konsep fisika dalam penggunaan drone pada pemantauan pertanian adalah kata kunci atau istilah pencarian yang digunakan. Studi literatur dilakukan dengan menelaah berbagai sumber sekunder berupa artikel jurnal ilmiah, dan publikasi akademik lain yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan drone dalam sektor pertanian modern tidak terlepas dari penerapan prinsip-prinsip fisika, khususnya pada aspek desain struktural dan kinerja operasionalnya. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Erlangga et al. (2024), struktur hexacopter, salah satu jenis drone yang umum digunakan dalam kegiatan pertanian presisi, dirancang dengan memperhatikan keseimbangan gaya serta ketahanan material. Melalui simulasi menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench, diperoleh hasil bahwa tegangan maksimum sebesar 21,96 MPa yang terjadi saat drone berada dalam kondisi hovering masih berada jauh di bawah batas kekuatan luluh material aluminium 6061-T6, yaitu sebesar 259,2 MPa. Temuan ini menunjukkan bahwa struktur drone masih berada dalam zona aman secara mekanis. Dari sudut pandang fisika, kondisi hovering mencerminkan penerapan Hukum Newton I, di mana total gaya yang bekerja pada drone bernilai nol, sehingga drone tetap berada dalam keadaan diam relatif terhadap udara. Gaya angkat yang dihasilkan oleh baling-baling harus sebanding dan berlawanan arah dengan gaya berat, sesuai dengan Hukum Newton II tentang hubungan antara gaya, massa, dan percepatan. Selain itu, prinsip Hukum Newton III juga relevan, yakni setiap aksi memiliki reaksi yang sama besar dan berlawanan arah udara yang didorong ke bawah oleh baling-baling menghasilkan gaya reaksi yang mendorong drone ke atas.

Di sisi lain, aspek material juga melibatkan konsep tegangan dan regangan, di mana struktur drone harus mampu menahan beban mekanis tanpa mengalami deformasi permanen. Perhitungan tegangan maksimum terhadap batas elastis material sangat penting untuk memastikan integritas

struktur selama operasi. Hal ini membuktikan bahwa penerapan konsep fisika seperti hukum Newton tentang keseimbangan gaya sangat penting dalam memastikan keamanan struktur drone selama beroperasi.

Selain pada aspek struktur, prinsip fisika fluida juga berperan besar dalam sistem penyemprotan cairan oleh drone. Menurut penelitian Sholehah et al. (2024), sistem pompa yang digunakan pada alat penyemprot pestisida menerapkan hukum Bernoulli dan hukum Pascal. Hukum Bernoulli menjelaskan bagaimana perbedaan tekanan memungkinkan cairan pestisida terdorong keluar secara merata, sedangkan hukum Pascal memastikan tekanan di dalam tangki pestisida terdistribusi secara seragam. Penerapan konsep ini memungkinkan drone melakukan penyemprotan yang lebih efektif dan efisien dibandingkan metode manual.

Dalam mendukung pemantauan kondisi lahan secara akurat, drone pertanian modern kini mengintegrasikan teknologi sensor multispektral dan sistem penginderaan berbasis gelombang elektromagnetik. Kudyba dan Sun (2025) mengembangkan pendekatan inovatif melalui penggunaan sensor nirkabel tanpa baterai yang memperoleh energi dari sinyal radio frekuensi (RF) di sekitarnya. Sensor ini mampu mengukur variabel lingkungan seperti suhu dan kelembaban, serta mengirimkan data secara real-time ke sistem pemantauan. Uji coba di darat menunjukkan kinerja sensor yang stabil dan andal. Namun, saat dioperasikan di udara, transmisi data mengalami gangguan akibat interferensi sinyal, yang menjadi tantangan utama dalam penerapannya. Temuan ini menekankan pentingnya pengembangan lanjutan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem sensor dalam kondisi dinamis selama penerbangan.

Dalam penerapan di lapangan, efektivitas penggunaan drone dalam meningkatkan efisiensi kerja pertanian telah dibuktikan melalui berbagai penelitian. Hariyanto et al. (2023) melaporkan bahwa penggunaan drone untuk pemupukan cair pada tanaman padi organik secara signifikan menghemat waktu kerja dan jumlah pupuk yang diperlukan. Untuk pemupukan satu hektar lahan, waktu yang dibutuhkan hanya sekitar 0,25 jam dengan volume pupuk sebesar 40 liter. Hasil serupa ditemukan oleh Syarief et al. (2024), yang menunjukkan bahwa penggunaan drone sprayer lebih efektif dalam menurunkan knapsack sprayer, tanpa perbedaan hasil panen yang signifikan.

Selain fungsi penyemprotan, teknologi drone juga berperan penting dalam pemetaan lahan dan monitoring kesehatan tanaman melalui integrasi dengan sistem informasi geografis (SIG). Penelitian oleh Kurniantoro et al. (2023) membuktikan bahwa drone dapat menghasilkan peta produktivitas tanaman jagung dengan estimasi hasil panen mencapai 6,3 ton per hektar. Faldi et al. (2022) dalam studinya tentang penggunaan drone di Desa Jonggon Jaya juga melaporkan bahwa metode ini menghasilkan akurasi pemetaan sebesar 95,18%, memperkuat bukti bahwa integrasi drone dengan SIG efektif dalam mendukung pengelolaan lahan pertanian berbasis data.

Meskipun penggunaan drone menawarkan banyak keuntungan, beberapa tantangan teknis dan ekonomi masih perlu diatasi. Gangguan sinyal dalam transmisi data RF, seperti yang ditemukan dalam penelitian Kudyba dan Sun (2025), menjadi kendala utama dalam sistem sensor nirkabel berbasis drone. Selain itu, biaya investasi awal untuk pembelian drone dan pelatihan operasional masih menjadi hambatan bagi sebagian besar petani. Untuk itu, diperlukan inovasi dalam bentuk pengembangan teknologi yang lebih terjangkau dan program pelatihan yang lebih luas untuk meningkatkan adopsi teknologi ini di lapangan.

Secara keseluruhan, penerapan konsep-konsep fisika dalam desain dan operasional drone telah berkontribusi secara signifikan terhadap optimalisasi pertanian presisi. Dengan integrasi teknologi aerodinamika, fluida, elektromagnetik, dan sistem informasi spasial, drone menjadi alat strategis dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi, serta keberlanjutan sektor pertanian di era digital.

KESIMPULAN

Konsep-konsep fisika sangat berperan penting dalam mendukung desain dan operasional drone untuk pertanian. Prinsip fisika seperti hukum Newton, hukum Bernoulli, hukum Pascal, dan konsep keseimbangan gaya serta ketahanan material diaplikasikan untuk memastikan drone dapat terbang stabil, mengangkat muatan, serta melakukan penyemprotan dan pemetaan dengan efektif. Teknologi sensor multispektral dan sistem

penginderaan berbasis gelombang elektromagnetik juga memperkuat kemampuan drone dalam mengumpulkan data lingkungan data lingkungan secara akurat.

Dari sisi manfaat, penggunaan drone terbukti meningkatkan efisiensi waktu, penghematan biaya pupuk dan pestida, serta memperbaiki akurasi pemantauan tanaman. Namun, tantangan tetap ada, seperti gangguan sinyal dalam transmisi data RF, biaya awal yang tinggi, dan perlunya keterampilan teknis dari pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad Tufik, Remigius Tandioga, Imran Habriansyah, Hardiyanti, dan Arqam. (2021). PENERAPAN AGRO-DRONE PADA AREAL PERSAWAHAN KELOMPOK TANI SIKATUTUI KELURAHAN BORONGLOE KECAMATAN BONTOMARANNU KABUPATEN GOWA. Prosiding 5 th Seminar Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat 2021
- Baso, A., Anwar, A. R., Nur, M., & Rahman, A. (2023). Penggunaan pesawat tanpa awak (drone) dalam melakukan pemantauan dan identifikasi otomatis pada pertanaman jagung di Kelompok Tani Pattarowangta, Kabupaten Takalar. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 4(2), Universitas Hasanuddin
- Djarot Wahyu Santoso, Kris Hariyanto, Dwi Hartini. (2023). Pengenalan Pemanfaatan Drone untuk Penyemprotan pada Kegiatan Pertanian di Kulonprogo. *Jurnal Peradaban Masyarakat*, vol. 3, No. 1, Januari 2023.
- Erlangga, N., Sindhu, S., & Yuniarti, E. (2024). Analisis pembebanan statis pada struktur hexacopter drone untuk pertanian (DRUPER). *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 9(1), 9–18.
- Faldi, M. I., Siswanto, H., Suhardiman, A., Ruslim, Y., & Aquastini, D. (2022). Pemetaan Tutupan dan Penggunaan Lahan Menggunakan Drone Berbasis Sistem Informasi Geografis di Desa Jonggon Jaya. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 11(2). Penerbit: STIPER Kutai Timur.
- Ghazali, M. F., Khoirunisa, H., & Kurniawati, F. (2020). Pemanfaatan Drone Terintegrasi SIG untuk Pemetaan Tanaman. *Agrotech Journal*, 5(2), 61–68.
- Akhmad Tufik, Remigius Tandioga, Imran Habriansyah, Hardiyanti, dan Arqam. (2021). PENERAPAN AGRO-DRONE PADA AREAL PERSAWAHAN KELOMPOK TANI SIKATUTUI KELURAHAN BORONGLOE KECAMATAN BONTOMARANNU KABUPATEN GOWA. Prosiding 5 th Seminar Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat 2021
- Baso, A., Anwar, A. R., Nur, M., & Rahman, A. (2023). Penggunaan pesawat tanpa awak (drone) dalam melakukan pemantauan dan identifikasi otomatis pada pertanaman jagung di Kelompok Tani Pattarowangta, Kabupaten Takalar. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 4(2), Universitas Hasanuddin
- Djarot Wahyu Santoso, Kris Hariyanto, Dwi Hartini. (2023). Pengenalan Pemanfaatan Drone untuk Penyemprotan pada Kegiatan Pertanian di Kulonprogo. *Jurnal Peradaban Masyarakat*, vol. 3, No. 1, Januari 2023.
- Erlangga, N., Sindhu, S., & Yuniarti, E. (2024). Analisis pembebanan statis pada struktur hexacopter drone untuk pertanian (DRUPER). *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 9(1), 9–18.
- Faldi, M. I., Siswanto, H., Suhardiman, A., Ruslim, Y., & Aquastini, D. (2022). Pemetaan Tutupan dan Penggunaan Lahan Menggunakan Drone Berbasis Sistem Informasi Geografis di Desa Jonggon Jaya. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 11(2). Penerbit: STIPER Kutai Timur.
- Ghazali, M. F., Khoirunisa, H., & Kurniawati, F. (2020). Pemanfaatan Drone Terintegrasi SIG untuk Pemetaan Tanaman. *Agrotech Journal*, 5(2), 61–68.
- Muliadi, Sugianto, & Rusdi, M. (2024). Penggunaan Drone untuk Pemetaan Kebun Kelapa Sawit (Studi Kasus: Kebun Kelapa Sawit Rakyat Desa Blang Kuta, Kecamatan Peudawa Rayeuk). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(3).
- Mufidatus Solehah, Djurmiya Putri Ratu Ardiya, Berlian Marsha Malihah, Sudarti, & Firdha Kusuma Ayu Anggraeni. (2024). ANALISIS KONSEP FLUIDA PADA PROSES PENYOMPROTAN PESTISIDA OLEH PETANI. *Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol. 8 (1) 2024, Hal 213-223.

- Mochamad Syarief; Dwi Rahmawati; Mujiono; Lia Dina (2024). Efektivitas Fittryah. dan Efisiensi Drone Sprayer untuk Pengendalian Gulma pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L). Vol. 8, No. 1, Hal. 52 -60
- Muhammad Arief Rahmadsah Siregar. (2022). PENGGUNAAN TEKNOLOGI DRONE MONITORING PENGELOLAAN PERTANIAN. Medan Area. DALAM DAN LAHAN Universitas Medan Area.
- M. Rauzan, Fitriani Yulianti. (2022).PEMANFAATAN DRONE UNTUK IDENTIFIKASI PENGGUNAAN LAHAN DI DAYAH RAUDHATUL QURAN TUNGKOP KECAMATAN DARUSSALAM KABUPATEN ACEH BESAR. jurnal Pendidikan Geosfer. Volume, VII. Nomer, 1
- Muh. Farid BDR, Ifayanti Ridwan, Ahmad Fauzan Adzima, dan Muhammad Fuad Anshori. (2021). PENGGUNAAN PESAWAT TANPA AWAK (DRONE) DALAM MELAKUKAN PEMANTAUAN DAN IDENTIFIKASI OTOMATIS PERTANAMAN JAGUNG KELOMPOK PADA DI TANI PATTAROWANGTA, KABUPATEN TAKALAR. Jurnal Dinamika Pengabdian Vol. 7 No. 1 (2021) 191-201
- Megawati Citra Alam, Satriya Bayu Aji Putri Dwi Purwanti, Edy Kustiani. (2023). Inovasi Pertanian dalam Penyemprotan Pestisida dengan Drone untuk Tanaman yang Sehat dan Aman di Area Persawahan Desa Musir Lor Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk. *Jatimas : Jurnal Pertanian dan Pengabdian Masyarakat*. Vol. 3 No.2, November 2023, Hal: 143-151
- Rahmad Hidayat, Muhaimin, Aidi Finawan. (2019). RANCANGAN PROTOTYPE PENYEMPROTAN PESTISIDA BANGUN DRONE UNTUK PERTANIAN PADI SECARA OTOMATIS, *JURNAL TEKRTO*, Vol.3, No.2
- Muliadi, Sugianto, & Rusdi, M. (2024). Penggunaan Drone untuk Pemetaan Kebun Kelapa Sawit (Studi Kasus: Kebun Kelapa Sawit Rakyat Desa Blang Kuta, Kecamatan Peudawa Rayeuk). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(3).
- Mufidatus Solehah, Djurmiya Putri Ratu Ardiya, Berlian Marsha Malihah, Sudarti, & Firdha Kusuma Ayu Anggraeni. (2024). ANALISIS KONSEP FLUIDA PADA PROSES PENYOMPROTAN PESTISIDA OLEH PETANI. *Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol. 8 (1) 2024, Hal 213-223.
- Mochamad Syarief; Dwi Rahmawati; Mujiono; Lia Dina (2024). Efektivitas Fittryah. dan Efisiensi Drone Sprayer untuk Pengendalian Gulma pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L). Vol. 8, No. 1, Hal. 52 -60
- Muhammad Arief Rahmadsah Siregar. (2022). PENGGUNAAN TEKNOLOGI DRONE MONITORING PENGELOLAAN PERTANIAN. Medan Area. DALAM DAN LAHAN Universitas Medan Area.
- M. Rauzan, Fitriani Yulianti. (2022).PEMANFAATAN DRONE UNTUK IDENTIFIKASI PENGGUNAAN LAHAN DI DAYAH RAUDHATUL QURAN TUNGKOP KECAMATAN DARUSSALAM KABUPATEN ACEH BESAR. jurnal Pendidikan Geosfer. Volume, VII. Nomer, 1
- Muh. Farid BDR, Ifayanti Ridwan, Ahmad Fauzan Adzima, dan Muhammad Fuad Anshori. (2021). PENGGUNAAN PESAWAT TANPA AWAK (DRONE) DALAM MELAKUKAN PEMANTAUAN DAN IDENTIFIKASI OTOMATIS PERTANAMAN JAGUNG KELOMPOK PADA DI TANI PATTAROWANGTA, KABUPATEN TAKALAR. Jurnal Dinamika Pengabdian Vol. 7 No. 1 (2021) 191-201
- Megawati Citra Alam, Satriya Bayu Aji Putri Dwi Purwanti, Edy Kustiani. (2023). Inovasi Pertanian dalam Penyemprotan Pestisida dengan Drone untuk Tanaman yang Sehat dan Aman di Area Persawahan Desa Musir Lor Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk. *Jatimas : Jurnal Pertanian dan Pengabdian Masyarakat*. Vol. 3 No.2, November 2023, Hal: 143-151
- Rahmad Hidayat, Muhaimin, Aidi Finawan. (2019). RANCANGAN PROTOTYPE PENYEMPROTAN PESTISIDA BANGUN DRONE UNTUK PERTANIAN PADI SECARA OTOMATIS, *JURNAL TEKRTO*, Vol.3, No.2
- Ukoro, A. I. (2020). Analisis Citra Drone untuk Monitoring Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit. *AGROTEKNOSE: Jurnal Teknologi dan Enjiniring Pertanian*, 19(1), 13–20. Universitas Muhammadiyah Palembang.