

Perancangan Sistem *Drone* Pertanian Berbasis Tata Kelola TI Menggunakan Pendekatan TOGAF

Design Agricultural Drone System Based on IT Governance using TOGAF Approach

Anugrahaningtyas Pramurwitasari^{1*}, Maulida Khoiru Nisa², Sigmawan Malikul Rahman³, Taqy Muhammad Fadhil⁴, M. Narjun Najich⁵

^{1,2,3,4,5} Sistem dan Teknologi Informasi, Sains dan Teknologi Informasi Universitas 'Aisyiyah Surakarta, Suakarta, Indonesia

*E-mail: anugrahaningtyas2@gmail.com¹; maulidakhairu93@gmail.com²; Malikulrahman22@gmail.com³; fadhilkohaku@gmail.com⁴; m.narjunnajich17@gmail.com⁵

Article History

Submitted : Jul 1, 2025
Revised : Nov 25, 2025
Accepted : Jan 29, 2026
Available Online : Feb 2, 2026
Published Regularly : Feb 2, 2026

Kata Kunci: *Arsitektur Perusahaan; Drone Pertanian; Tata Kelola TI; TOGAF*

Keywords: *Enterprise Architecture; Agricultural Drones; IT Governance; TOGAF*

Contact



Author
anugrahaningtyas2@gmail.com

ABSTRAK

Modernisasi pertanian di Indonesia menghadapi tantangan seperti keterbatasan tenaga kerja, efisiensi pemupukan, dan rendahnya adopsi sistem informasi. Teknologi drone pertanian menawarkan solusi inovatif, namun implementasi yang terstruktur dan berbasis tata kelola TI masih terbatas. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk merancang sistem drone berbasis arsitektur enterprise TOGAF ADM. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara semi-terstruktur, dokumentasi teknis, dan survei terhadap 25 petani di Kecamatan Andong, Kabupaten Boyolali. Sistem dirancang dengan pemetaan domain arsitektur bisnis, aplikasi, data, dan teknologi, serta divalidasi melalui survei dan forum diskusi pakar. Hasil menunjukkan bahwa sistem drone yang modular dan terintegrasi selaras dengan tujuan bisnis; survei mengungkap 80% petani mengalami kesulitan pemupukan manual, 88% tertarik menggunakan drone, dan skor kesiapan digital rata-rata 3,24/5. Drone dilengkapi GPS, sensor NDVI, tangki pupuk, dashboard, dan mobile app untuk kontrol dan monitoring. Pendekatan TOGAF terbukti memberikan struktur komprehensif, mendukung integrasi teknologi, tata kelola TI, dan keberlanjutan implementasi, sehingga sistem ini efektif meningkatkan efisiensi, akurasi pemupukan, dan kesiapan adopsi teknologi digital.

ABSTRACT

Agricultural modernization in Indonesia faces challenges such as labor constraints, fertilizer efficiency, and low adoption of information systems. Agricultural drone technology offers innovative solutions, but structured implementation based on IT governance remains limited. This study used a descriptive qualitative approach to design a drone system based on the TOGAF ADM enterprise architecture. Data were collected through observations,

semi-structured interviews, technical documentation, and a survey of 25 farmers in Andong District, Boyolali Regency. The system was designed by mapping the business architecture, application, data, and technology domains, and validated through surveys and expert discussion forums. The results showed that the modular and integrated drone system aligned with business objectives; the survey revealed that 80% of farmers experienced difficulties with manual fertilization, 88% were interested in using drones, and the average digital readiness score was 3.24/5. The drone is equipped with GPS, NDVI sensors, fertilizer tanks, a dashboard, and a mobile app for control and monitoring. The TOGAF approach has been proven to provide a comprehensive structure, supporting technology integration, IT governance, and sustainable implementation, making this system effective in improving efficiency, fertilization accuracy, and readiness for digital technology adoption.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang sangat bergantung pada sektor pertanian sebagai salah satu pilar utama perekonomian. Namun demikian, masih terdapat berbagai permasalahan yang terjadi dalam dunia pertanian, seperti keterbatasan tenaga kerja, rendahnya efisiensi dalam proses pemupukan, serta kurangnya pemanfaatan sistem informasi dalam pengelolaan proses pertanian. Salah satu upaya untuk mengatasi tantangan tersebut adalah dengan memanfaatkan *drone*, yaitu pesawat tanpa awak yang dilengkapi dengan sensor dan perangkat lunak canggih untuk memperoleh data yang akurat dan *real-time*. Penggunaan *drone* dalam monitoring dan pengelolaan lahan pertanian menjadi salah satu inovasi yang berkembang pesat dan dinilai mampu meningkatkan produktivitas sektor pertanian [1].

Pemanfaatan *drone* pada sektor pertanian telah terbukti meningkatkan efisiensi kerja, mempercepat proses operasional, serta mengurangi pemborosan sumber daya. Penelitian dalam lima tahun terakhir menunjukkan bahwa penggunaan *drone* mampu meningkatkan ketepatan penyemprotan pupuk dan pestisida serta menghasilkan data spasial yang akurat untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data [2]. Studi lain juga melaporkan bahwa integrasi *drone* dengan sensor citra dan sistem pemetaan lahan dapat membantu petani dalam memantau kesehatan tanaman dan mengoptimalkan input pertanian secara lebih presisi [3]. Selain itu, penelitian terbaru menegaskan bahwa adopsi *drone* berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian secara signifikan apabila didukung oleh sistem pengelolaan informasi yang baik [4]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek teknis penggunaan *drone*, sementara perancangan dan pengelolaan teknologi ini dalam kerangka sistem informasi yang terintegrasi dan berkelanjutan masih relatif terbatas [5], [6].

Kondisi tersebut juga tercermin dari hasil survei awal yang dilakukan terhadap 25 petani di Kecamatan Andong, Kabupaten Boyolali. Hasil survei menunjukkan bahwa 80% responden mengalami kesulitan dalam proses pemupukan manual, sementara 88% responden menyatakan ketertarikan terhadap penggunaan *drone* pertanian. Namun demikian, hanya 20% responden yang pernah menggunakan sistem informasi pertanian sebelumnya. Rata-rata skor kesiapan digital berada pada angka 3,24 dari skala 1–5, yang menunjukkan tingkat kesiapan menengah dalam mengadopsi teknologi digital. Temuan ini menegaskan bahwa inovasi teknologi pertanian perlu didukung oleh pendekatan sistem yang tidak hanya inovatif secara teknis, tetapi juga terstruktur dan mudah diadopsi oleh pengguna di lapangan.

Memastikan bahwa implementasi teknologi *drone* tidak hanya bersifat jangka pendek atau parsial, dibutuhkan pendekatan yang mampu menyelaraskan antara kebutuhan teknologi, proses bisnis, dan strategi organisasi secara menyeluruh. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk ini adalah *The Open Group Architecture Framework (TOGAF)*, kerangka kerja yang digunakan dalam pengembangan, pemeliharaan, dan pengelolaan Arsitektur *Enterprise* dengan pendekatan

sistematis dan terstruktur untuk merancang arsitektur yang menghubungkan antara tujuan bisnis dengan teknologi informasi [7], [8].

Penggunaan TOGAF dalam sektor pertanian, khususnya dalam perancangan sistem *drone* berbasis tata kelola teknologi informasi, masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian arsitektur enterprise berbasis TOGAF dalam lima tahun terakhir lebih banyak diterapkan pada sektor pemerintahan, pendidikan, dan industri manufaktur, sementara penerapannya pada sektor pertanian modern masih jarang ditemukan [9], [10]. Studi-studi pertanian digital umumnya berfokus pada implementasi teknologi secara operasional tanpa melibatkan kerangka tata kelola IT yang komprehensif [8]. Kondisi ini menunjukkan adanya celah penelitian yang signifikan, mengingat pertanian modern juga membutuhkan pendekatan tata kelola teknologi informasi agar pengembangan sistem tidak hanya efisien secara teknis, tetapi juga selaras dengan visi strategis dan berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *drone* pertanian menggunakan pendekatan arsitektur *enterprise* berbasis TOGAF. Rancangan yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi acuan dalam pembangunan sistem pertanian modern yang terintegrasi, efektif, serta memiliki tata kelola teknologi informasi yang baik. Selain itu, pendekatan ini diharapkan mampu menjawab tantangan integrasi teknologi digital ke dalam proses pertanian secara sistematis, terukur, dan akuntabel.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan fokus pada perancangan sistem berbasis arsitektur enterprise menggunakan kerangka kerja *The Open Group Architecture Framework* (TOGAF) [5]. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai kebutuhan sistem, konteks organisasi pertanian, serta integrasi teknologi *drone* dalam suatu rancangan sistem yang terstruktur dan selaras dengan tata kelola teknologi informasi. TOGAF digunakan sebagai kerangka utama karena mampu menghubungkan kebutuhan bisnis pertanian dengan solusi teknologi secara sistematis dan berkelanjutan.

2.1. Lokasi dan Sumber Data

Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan studi kasus terbatas pada lahan pertanian skala menengah yang berlokasi di Kecamatan Andong, Kabupaten Boyolali. Subjek penelitian melibatkan petani sebagai pengguna utama sistem, operator *drone* sebagai pelaksana teknis, serta pakar teknologi informasi sebagai pihak yang memahami perancangan sistem dan tata kelola TI.

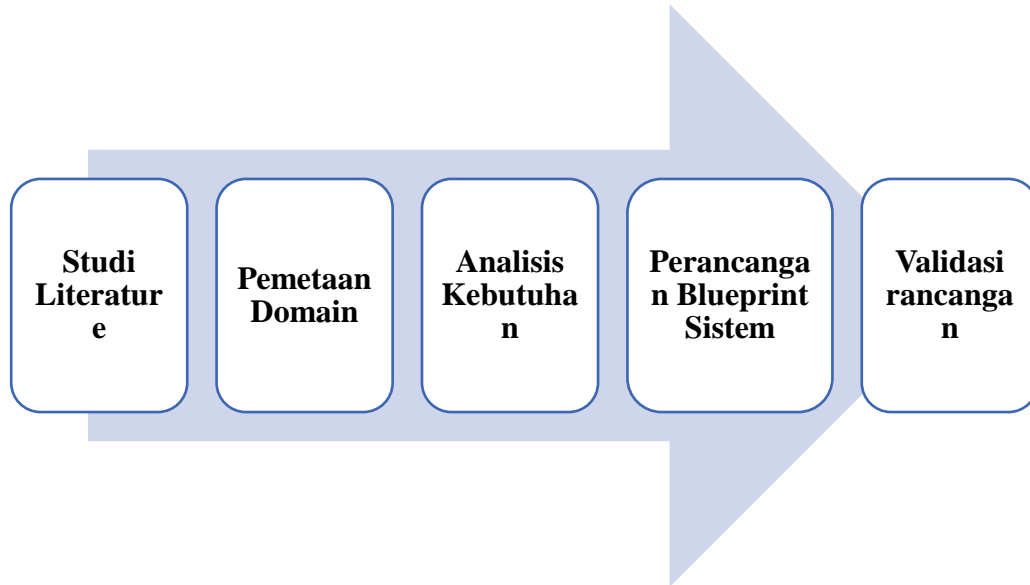
Sumber data penelitian diperoleh melalui beberapa teknik pengumpulan data yang dilakukan secara terintegrasi.

1. Pertama, observasi langsung dilakukan untuk mengamati aktivitas pertanian, khususnya proses pemupukan dan monitoring lahan yang berpotensi diotomatisasi menggunakan *drone*.
2. Kedua, wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan petani, operator *drone*, dan pakar TI untuk menggali kebutuhan, kendala, serta ekspektasi terhadap sistem yang akan dirancang.
3. Ketiga, dokumentasi teknis dikumpulkan berupa spesifikasi *drone*, alur operasional, serta catatan penggunaan teknologi yang relevan.
4. Keempat, survei kuantitatif dilakukan terhadap 25 petani untuk memperoleh data terkait kesulitan pemupukan manual, pengalaman penggunaan sistem informasi pertanian, tingkat ketertarikan terhadap *drone*, serta kesiapan digital dalam mengadopsi teknologi baru.

5. Selain itu, literatur ilmiah dan dokumen standar TOGAF digunakan sebagai rujukan utama dalam perancangan arsitektur sistem.

2.2. Tahapan Penelitian

Secara umum, alur penelitian dimulai dari studi literatur dan pengumpulan data lapangan, dilanjutkan dengan analisis kebutuhan, pemetaan domain arsitektur menggunakan TOGAF ADM, perancangan blueprint sistem, hingga tahap validasi rancangan. Alur penelitian ini disajikan pada Gambar 1. untuk memperjelas tahapan yang dilakukan secara berurutan.



Gambar 1. Alur Penelitian Perancangan Sistem *Drone* Pertanian Berbasis TOGAF

Penelitian ini dilaksanakan melalui lima tahapan utama yang disusun secara sistematis sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan dan menelaah literatur ilmiah yang relevan dengan topik penelitian, meliputi pemanfaatan *drone* di sektor pertanian, konsep arsitektur *enterprise*, serta penerapan TOGAF dalam pengembangan sistem informasi. Hasil studi literatur digunakan untuk memperkuat landasan teoritis penelitian dan mengidentifikasi praktik terbaik (*best practices*) yang dapat diadopsi dalam perancangan sistem.

2. Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan dengan mengolah data hasil observasi lapangan, wawancara, survei, dan studi dokumen. Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi kebutuhan fungsional sistem, seperti kebutuhan monitoring lahan dan pengelolaan data pemupukan, serta kebutuhan non-fungsional, seperti kemudahan penggunaan, skalabilitas, dan keamanan data. Hasil analisis kebutuhan ini menjadi dasar dalam perancangan arsitektur sistem *drone* yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan pengguna.

3. Pemetaan Domain Arsitektur menggunakan TOGAF ADM

Tahap ini dilakukan dengan menerapkan *Architecture Development Method* (ADM) dari TOGAF untuk memetakan empat domain arsitektur utama. Pemetaan *Business Architecture* dilakukan untuk mendeskripsikan visi sistem, aktor yang terlibat, proses bisnis pertanian, serta strategi organisasi. Pemetaan *Application Architecture* dilakukan untuk menentukan aplikasi pendukung dan alur proses digital yang dibutuhkan. Pemetaan *Data Architecture* difokuskan pada

perancangan struktur data, alur informasi, dan mekanisme pengelolaan data. Selanjutnya, *Technology Architecture* dipetakan untuk menentukan kebutuhan infrastruktur teknologi, termasuk *drone*, sensor, jaringan, dan perangkat TI pendukung.

4. Perancangan *Blueprint* Sistem

Berdasarkan hasil pemetaan domain arsitektur, peneliti menyusun *blueprint* sistem *drone* pertanian yang terintegrasi. *Blueprint* ini dirancang dengan mempertimbangkan prinsip modularitas, skalabilitas, dan keselarasan dengan tata kelola teknologi informasi. Rancangan *blueprint* mencakup hubungan antar komponen bisnis, aplikasi, data, dan teknologi sebagai satu kesatuan sistem.

5. Validasi Rancangan

Tahap validasi dilakukan untuk memastikan bahwa *blueprint* sistem yang dirancang telah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan prinsip arsitektur *enterprise*. Validasi dilakukan melalui diskusi kelompok terarah (*Focus Group Discussion*) yang melibatkan pakar TI dan pelaku pertanian, serta melalui *expert review* oleh akademisi dan praktisi sistem informasi. Evaluasi difokuskan pada kesesuaian rancangan, potensi implementasi, skalabilitas sistem, dan keberlanjutan jangka panjang.

2.3. Metode Validasi

Pada tahap ini, peneliti melakukan validasi terhadap kebutuhan dan rancangan sistem yang telah disusun. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil *blueprint* sistem dengan kebutuhan pengguna dan tujuan bisnis pertanian. Proses validasi melibatkan FGD dan review ahli untuk menilai keselarasan antara teknologi informasi dan proses bisnis, kemudahan implementasi sistem di lapangan, tingkat skalabilitas sistem, serta kepatuhan rancangan terhadap prinsip arsitektur *enterprise* dan tata kelola teknologi informasi. Hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk penyempurnaan rancangan sebelum direkomendasikan sebagai model sistem.

2.4. Kerangka/Algoritma yang digunakan

Penelitian ini mengacu pada kerangka TOGAF ADM yang terdiri atas delapan fase utama sebagai berikut:

1. Fase *Preliminary*, peneliti menetapkan ruang lingkup penelitian, pemangku kepentingan, dan prinsip arsitektur yang relevan dengan sektor pertanian.
2. Fase *Architecture Vision*, dirumuskan visi dan tujuan sistem *drone* pertanian yang selaras dengan kebutuhan bisnis dan TI.
3. Fase *Business Architecture* digunakan untuk memodelkan proses bisnis pemupukan dan monitoring lahan.
4. Fase *Information Systems Architecture* mencakup perancangan arsitektur aplikasi dan data yang mendukung sistem *drone*.
5. Fase *Technology Architecture* difokuskan pada penentuan infrastruktur teknologi yang diperlukan.
6. Fase *Opportunities and Solutions*, peneliti mengidentifikasi alternatif solusi teknologi yang dapat diterapkan.
7. Fase *Migration Planning* digunakan untuk menyusun roadmap implementasi sistem secara bertahap.
8. Terakhir, fase *Implementation Governance* dan *Architecture Change Management* digunakan untuk merancang mekanisme tata kelola dan pengelolaan perubahan arsitektur dalam jangka panjang.

Untuk memperjelas penerapan TOGAF ADM dalam penelitian ini, disusun beberapa tabel yang merangkum tahapan, visi sistem, roadmap implementasi, dan komponen solusi teknologi.

Tabel-tabel ini digunakan sebagai alat bantu untuk memvisualisasikan hasil perancangan arsitektur secara ringkas dan sistematis. Tabel 1. menyajikan ringkasan tahapan TOGAF ADM yang digunakan dalam penelitian beserta artefak yang dihasilkan pada setiap fase. Setiap fase berperan sebagai panduan dalam memastikan bahwa perancangan sistem *drone* pertanian dilakukan secara terstruktur dan selaras dengan tujuan organisasi.

Tabel 1. Ringkasan Tahapan TOGAF ADM dalam Penelitian

No	Tahapan TOGAF ADM	Hasil/Artefak yang Dihasilkan	Keterangan
1	<i>Preliminary Phase</i>	Identifikasi pemangku kepentingan, prinsip arsitektur	Penyesuaian dengan sektor pertanian
2	<i>Architecture Vision</i>	Visi dan misi sistem <i>drone</i> pertanian	Termasuk diagram <i>high-level</i>
3	<i>Business Architecture</i>	Diagram proses bisnis pemupukan dan monitoring	BPMN atau naratif
4	<i>Information Systems Architecture</i>	Model data dan aplikasi pendukung	DFD, ERD, atau <i>Logical Architecture</i>
5	<i>Technology Architecture</i>	Infrastruktur TI dan spesifikasi teknis <i>drone</i>	Arsitektur jaringan dan <i>hardware</i>
6	<i>Opportunities and Solutions</i>	Daftar komponen solusi teknologi	Termasuk estimasi kebutuhan perangkat
7	<i>Migration Planning</i>	Roadmap implementasi sistem	Jadwal tahapan implementasi
8	<i>Implementation Governance & Architecture Change Management</i>	Rencana tata kelola implementasi	Disiapkan sebagai bagian dari rencana jangka panjang

Tabel ini menunjukkan bahwa setiap fase TOGAF ADM menghasilkan artefak yang berbeda, mulai dari identifikasi pemangku kepentingan hingga rencana tata kelola implementasi sistem. Tabel 2. menggambarkan visi sistem *Architecture Vision* yang dirumuskan dalam penelitian. Elemen-elemen dalam tabel ini menjelaskan keterkaitan antara tujuan bisnis, tujuan TI, stakeholder utama, serta nilai tambah yang diharapkan dari sistem *drone* pertanian.

Tabel 2. Visi Sistem *Architecture Vision*

Elemen	Deskripsi
Tujuan Bisnis	Meningkatkan efisiensi dan akurasi pemupukan pada lahan pertanian
Tujuan TI	Merancang sistem <i>drone</i> berbasis IT <i>governance</i>
Stakeholder Utama	Petani, penyuluh pertanian, pengembang sistem
Nilai Tambah	Pengurangan pemborosan pupuk, efisiensi waktu, dan kontrol sistem

Melalui visi sistem ini, dapat dipastikan bahwa pengembangan teknologi *drone* tidak hanya berorientasi pada aspek teknis, tetapi juga memberikan nilai nyata bagi proses pertanian. Tabel 3. menyajikan roadmap implementasi sistem yang dirancang secara bertahap. *Roadmap* ini digunakan untuk menggambarkan tahapan migrasi sistem dari tahap analisis hingga penyusunan dokumentasi akhir

Tabel 3. *Roadmap* Implementasi Migrasi Bertahap

Fase	Periode	Kegiatan Utama
1	Pekan 1	Analisis kebutuhan, pengumpulan data
2	Pekan 2	Perancangan sistem dan simulasi logika kontrol
3	Pekan 3	Pengujian integrasi data dan komponen simulatif
4	Pekan 4	Penyusunan dokumentasi akhir dan rencana uji coba

Roadmap ini menunjukkan bahwa implementasi sistem dilakukan secara terencana dan realistis sesuai dengan kapasitas pengguna dan sumber daya yang tersedia. Tabel 4. merangkum komponen solusi teknologi yang diusulkan dalam sistem *drone* pertanian. Setiap komponen dijelaskan berdasarkan fungsi dan perannya dalam mendukung sistem secara keseluruhan.

Tabel 4. Komponen Solusi Teknologi

Komponen	Deskripsi
<i>Drone</i> Pertanian	UAV dengan tangki pupuk, GPS, sensor NDVI
<i>Dashboard</i> Sistem	Tampilan input data, status, dan laporan
<i>Server</i> dan Jaringan	Menyimpan data aktivitas dan log <i>drone</i>
<i>Mobile App</i>	Kontrol dan pemantauan lapangan

Komponen-komponen tersebut dirancang agar saling terintegrasi dan mendukung terciptanya sistem *drone* pertanian yang efektif, terkelola, dan berkelanjutan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Arsitektur Sistem *Drone* Pertanian Berbasis TOGAF

Perancangan sistem *drone* pertanian pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada kerangka kerja TOGAF *Architecture Development Method* (ADM). Hasil perancangan menghasilkan arsitektur sistem yang terstruktur dan selaras dengan tujuan bisnis pertanian, khususnya dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi proses pemupukan. Pemetaan arsitektur dilakukan pada empat domain utama, yaitu arsitektur bisnis, aplikasi, data, dan teknologi.

3.1.1. *Business Architecture*

Pada domain arsitektur bisnis, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan bisnis utama dan proses inti dalam kegiatan pertanian. Hasil analisis menunjukkan bahwa petani membutuhkan solusi yang mampu meningkatkan efisiensi pemupukan, mengurangi beban kerja manual, serta menyediakan data monitoring lahan yang akurat dan mudah diakses. Proses bisnis inti yang teridentifikasi meliputi perencanaan pemupukan, pelaksanaan penyemprotan pupuk, serta analisis hasil pemupukan berdasarkan kondisi lahan. Untuk memperkuat temuan kebutuhan bisnis tersebut, dilakukan survei lapangan menggunakan kuesioner yang disebarakan kepada 25 petani di wilayah Kecamatan Andong, Kabupaten Boyolali. Seluruh petani yang menjadi sasaran survei mengisi kuesioner sehingga tingkat respons mencapai 100%. Kuesioner disusun untuk menggali kondisi eksisting, pengalaman teknologi, dan kesiapan petani terhadap adopsi *drone* pertanian. Daftar pertanyaan utama dalam kuesioner meliputi:

1. Tingkat kesulitan yang dialami dalam proses pemupukan manual.
2. Pengalaman petani dalam menggunakan teknologi atau sistem informasi pertanian sebelumnya.
3. Tingkat ketertarikan terhadap penggunaan *drone* dalam kegiatan pertanian.
4. Persepsi manfaat *drone* terhadap efisiensi waktu dan penggunaan pupuk.
5. Tingkat kesiapan digital petani dalam mengadopsi teknologi baru.

Hasil kuesioner menunjukkan bahwa 80% responden menyatakan mengalami kesulitan dalam proses pemupukan manual, terutama terkait waktu dan tenaga yang dibutuhkan. Selain itu, 88% petani menyatakan tertarik untuk menggunakan *drone* pertanian sebagai solusi alternatif. Namun demikian, hanya 20% responden yang pernah menggunakan sistem informasi pertanian sebelumnya. Rata-rata skor kesiapan digital berada pada nilai 3,24 dari skala 1–5, yang menunjukkan tingkat kesiapan menengah dalam mengadopsi teknologi baru.

Temuan ini memperkuat bahwa perancangan sistem *drone* pertanian tidak hanya membutuhkan solusi teknis, tetapi juga pendekatan sistem yang terstruktur dan mudah diadopsi. Visi sistem yang dirumuskan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, menekankan peningkatan efisiensi dan akurasi pemupukan dengan dukungan tata kelola teknologi informasi yang baik. Dengan demikian, pendekatan arsitektur enterprise berbasis TOGAF dinilai relevan dan sesuai dengan kebutuhan bisnis petani di lokasi penelitian.

3.1.2. Application Architecture

Pada domain arsitektur aplikasi, diidentifikasi aplikasi-aplikasi pendukung yang berperan dalam operasional sistem *drone* pertanian. Aplikasi utama yang dirancang adalah *Dashboard* Sistem, yang berfungsi sebagai pusat kontrol untuk pengelolaan data lahan, penjadwalan pemupukan, serta pemantauan status *drone* secara real-time. *Dashboard* ini juga menyediakan laporan operasional yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kegiatan pemupukan. Selain itu, dirancang aplikasi *mobile* yang memungkinkan petani atau operator *drone* melakukan kontrol dan pemantauan langsung dari lapangan. Aplikasi ini menyediakan fitur notifikasi, informasi status penerbangan *drone*, serta ringkasan hasil pemupukan. Integrasi antara *dashboard* dan aplikasi *mobile* dirancang untuk memastikan aliran data yang konsisten dan mendukung proses bisnis pertanian secara *end to end*, mulai dari perencanaan hingga pelaporan.

3.1.3. Data Architecture

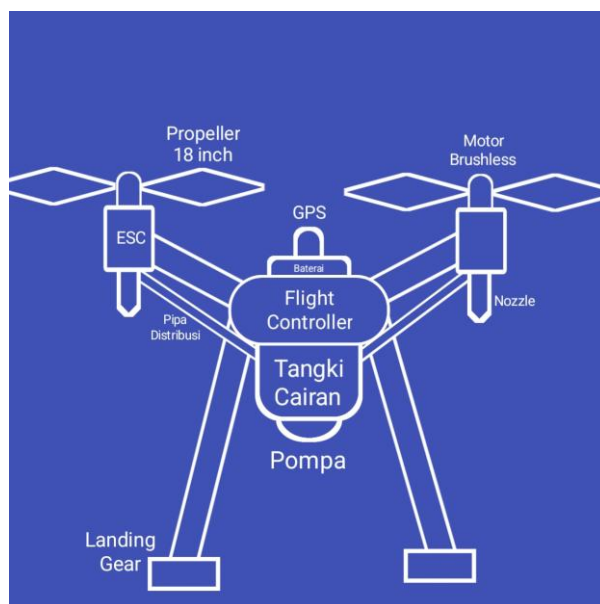
Arsitektur data dirancang untuk mengelola seluruh informasi yang dihasilkan dan digunakan dalam sistem *drone* pertanian. Data utama yang dikelola meliputi data lahan (luas lahan dan jenis tanaman), data pupuk (jenis dan dosis), data penerbangan *drone* (jalur terbang dan durasi), serta data sensor seperti NDVI dan kondisi tanah. Alur informasi dimulai dari input kebutuhan pemupukan oleh petani melalui aplikasi, diproses oleh sistem, dieksekusi oleh *drone*, dan hasilnya disimpan dalam bentuk log operasional. Perancangan arsitektur data ini bertujuan untuk memastikan konsistensi, akurasi, dan keterlacakan data sehingga dapat dimanfaatkan untuk analisis lanjutan dan pengambilan keputusan yang lebih tepat. Dengan struktur data yang terorganisasi, sistem mampu mendukung evaluasi efektivitas pemupukan secara berkelanjutan.

3.1.4. Technology Architecture

Arsitektur teknologi mencakup infrastruktur fisik dan logis yang mendukung implementasi sistem *drone* pertanian. Komponen utama dalam domain ini adalah *drone* pertanian, yang dilengkapi dengan tangki pupuk, GPS untuk navigasi presisi, serta sensor NDVI untuk memetakan kondisi dan kesehatan tanaman. Infrastruktur pendukung lainnya meliputi server dan jaringan untuk penyimpanan data dan komunikasi antar komponen sistem, serta perangkat lunak pendukung seperti sistem operasi dan basis data. Rincian komponen solusi teknologi disajikan pada Tabel 4. Arsitektur teknologi ini dirancang agar fleksibel dan skalabel sehingga dapat dikembangkan sesuai kebutuhan pertanian di masa mendatang. Integrasi yang baik antara komponen teknologi memastikan sistem *drone* pertanian dapat beroperasi secara andal dan mendukung tujuan bisnis yang telah ditetapkan.

3.2 Rancangan Drone Pertanian dan Fungsinya

Rancangan *drone* pertanian yang diusulkan merupakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang dimodifikasi untuk mendukung pertanian presisi, khususnya dalam pemupukan cair. *Drone* ini dirancang agar modular, mudah dikendalikan, dan mampu memberikan data serta efisiensi optimal dalam proses pemupukan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Konseptual *Drone* Pertanian

Gambar 1. menampilkan drone dengan komponen-komponen utama yang terintegrasi untuk memenuhi kebutuhan operasional pertanian. Setiap bagian memiliki fungsi spesifik yang mendukung efisiensi, akurasi, dan keterpaduan data sebagaimana ditunjukkan Tabel 5, sehingga rancangan ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga sejalan dengan prinsip *Enterprise TOGAF*, yaitu memastikan keselarasan antara kebutuhan bisnis, aplikasi, data, dan teknologi.

Tabel 5. Fungsi dan Keterkaitan Komponen Drone Pertanian dengan TOGAF ADM

No	Komponen Drone	Fungsi Utama	Keterkaitan dengan Arsitektur TOGAF
1	Baling-Baling & Motor	Menghasilkan daya angkat dan dorongan; menentukan stabilitas dan kapasitas angkut <i>drone</i>	<i>Technology Architecture</i> : Menjamin perangkat keras mendukung kebutuhan fungsional pemupukan
2	Tangki Pupuk	Menyimpan pupuk cair atau pestisida; dilengkapi sistem penyemprotan terkontrol [11].	<i>Technology & Application Architecture</i> : Memastikan sistem fisik dan aplikasi penyemprotan terintegrasi
3	Nozzle Penyemprot	Menyemprot pupuk secara merata; menentukan pola distribusi [12].	<i>Technology & Application Architecture</i> : Mendukung efektivitas proses bisnis pemupukan
4	Modul GPS	Navigasi presisi untuk jalur penerbangan yang telah diprogram	<i>Technology Architecture</i> : Menjamin akurasi data lokasi; terkait dengan <i>Business Architecture</i> untuk <i>coverage</i> lahan
No	Komponen Drone	Fungsi Utama	Keterkaitan dengan Arsitektur TOGAF
5	Sensor NDVI / Multispektral	Mengukur kesehatan tanaman; mendukung pemupukan presisi	<i>Data Architecture</i> : Menyediakan data analitis

6	Unit Kontrol Penerbangan	Memproses data sensor dan GPS; menerjemahkan perintah operator menjadi aksi penerbangan	yang terstruktur untuk pengambilan keputusan <i>Technology & Application Architecture</i> : Menjamin interaksi antara pengguna dan <i>drone</i> berjalan mulus
7	Baterai	Menyediakan sumber daya; kapasitas tinggi untuk durasi penerbangan lama	<i>Technology Architecture</i> : Mendukung stabilitas operasi <i>drone</i> dan kontinuitas proses bisnis
8	Sistem Komunikasi	Mengirim data telemetri dan menerima perintah dari operator [13].	<i>Application & Data Architecture</i> : Menjamin aliran informasi antara pengguna, sistem dashboard, dan <i>mobile app</i>

Tabel 5. menyajikan ringkasan komponen *drone* pertanian beserta fungsi utama dan keterkaitannya dengan domain TOGAF ADM. Setiap komponen tidak berdiri sendiri, melainkan saling terintegrasi untuk memastikan *drone* dapat beroperasi modular, skalabel, dan selaras dengan tujuan bisnis pertanian. Misalnya, sensor NDVI menghasilkan data yang diproses melalui unit kontrol penerbangan, dikirim melalui modul komunikasi, dan dianalisis di dashboard sistem, sehingga alur informasi dari input kebutuhan pemupukan hingga evaluasi hasil terstruktur. Dengan pendekatan ini, *drone* pertanian tidak hanya menjadi alat fisik, tetapi juga bagian dari arsitektur sistem berbasis *enterprise*, yang menjamin efisiensi operasional, akurasi pemupukan, dan tata kelola teknologi informasi yang baik. Hal ini menunjukkan bukti konkret bahwa penerapan TOGAF mampu memberikan struktur yang komprehensif pada pengembangan sistem *drone* pertanian.

3.3 Pembahasan Hasil Perancangan

Pendekatan TOGAF dalam perancangan sistem *drone* pertanian pada penelitian ini terbukti mampu memberikan struktur yang komprehensif melalui keterlacakan yang jelas antara kebutuhan bisnis, solusi aplikasi, pengelolaan data, dan infrastruktur teknologi. Bukti keterstrukturannya tersebut dapat dilihat dari tersusunnya artefak arsitektur pada setiap domain TOGAF ADM, mulai dari perumusan visi sistem Tabel 2. Pemetaan proses bisnis pemupukan dan monitoring lahan, hingga penyusunan *roadmap* implementasi pada Tabel 3. Serta komponen solusi teknologi pada Tabel 4. Keterhubungan antar artefak ini menunjukkan bahwa setiap keputusan teknis yang diambil memiliki dasar kebutuhan bisnis yang terdefinisi secara eksplisit.

Pada domain Arsitektur Bisnis, penerapan TOGAF memungkinkan identifikasi tujuan bisnis dan proses inti pertanian secara sistematis. Hal ini dibuktikan dengan pemetaan proses pemupukan dan monitoring lahan yang secara langsung merespons temuan survei lapangan, seperti tingginya kesulitan pemupukan manual (80%) dan keterbatasan penggunaan sistem informasi (20%). Dengan demikian, teknologi *drone* tidak diimplementasikan secara parsial, melainkan dirancang untuk mendukung peningkatan efisiensi dan akurasi pertanian sebagaimana dirumuskan dalam visi sistem. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya keselarasan antara teknologi informasi dan tujuan bisnis dalam pengembangan sistem berbasis arsitektur *enterprise* [14].

Selanjutnya, pada Arsitektur Aplikasi dan Arsitektur Data, pendekatan TOGAF menghasilkan definisi yang jelas mengenai peran *Dashboard* Sistem dan *Mobile App* sebagai antarmuka utama pengguna. Bukti efektivitas pendekatan ini tercermin dari alur data yang terdokumentasi dengan baik, mulai dari input kebutuhan pemupukan oleh petani hingga penyimpanan *log* operasional untuk analisis lanjutan. Struktur aplikasi dan data yang terdefinisi ini memastikan interaksi pengguna berjalan konsisten dan data dapat dikelola secara terintegrasi. Hal ini menjawab kebutuhan petani akan sistem yang mudah digunakan dan informatif,

sebagaimana juga ditekankan dalam penelitian terkait desain antarmuka dan sistem pendukung keputusan di sektor pertanian [15].

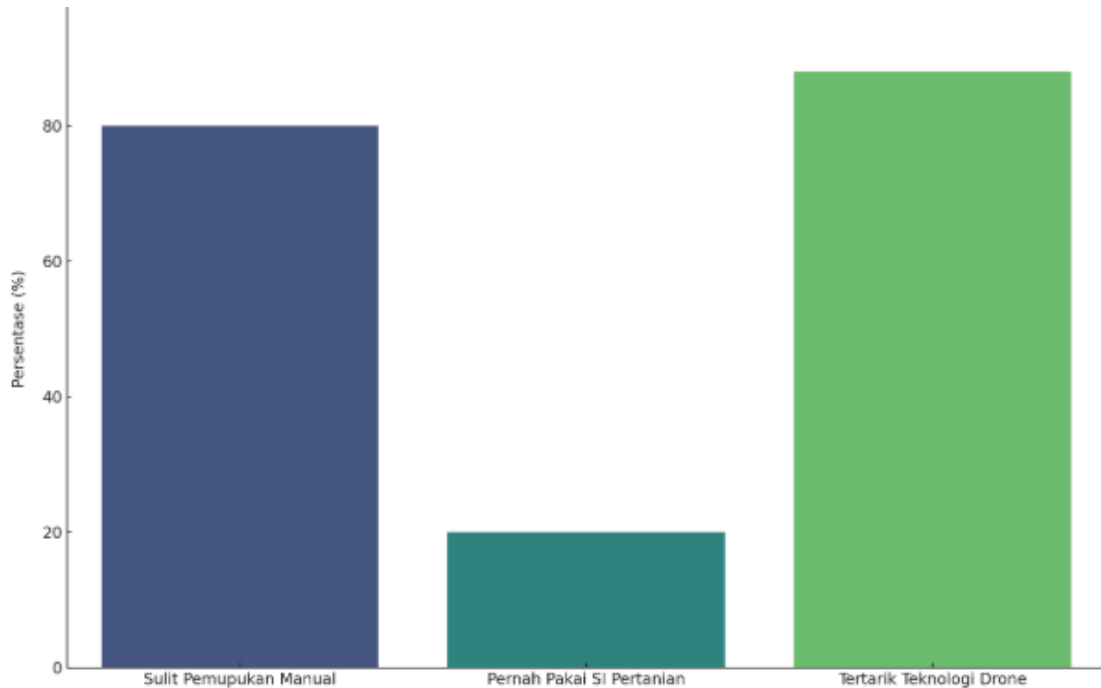
Pada Arsitektur Teknologi, pemilihan komponen teknologi dilakukan berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan pada domain sebelumnya. Integrasi *drone* yang dilengkapi GPS, sensor NDVI, dan tangki pupuk dengan server dan jaringan pendukung menunjukkan adanya kesinambungan antara kebutuhan bisnis, aplikasi, dan teknologi. Penggunaan sensor NDVI memberikan dasar teknis yang kuat dalam meningkatkan ketelitian pemupukan dibandingkan metode konvensional, sebagaimana dilaporkan dalam penelitian sebelumnya yang menunjukkan peningkatan efektivitas penyemprotan pupuk menggunakan *drone* [2] dan [3].

Integrasi seluruh domain arsitektur melalui TOGAF ADM menghasilkan blueprint sistem yang modular dan skalabel, yang dibuktikan dengan adanya roadmap implementasi bertahap dan rencana tata kelola sistem. Struktur ini memungkinkan sistem untuk dikembangkan atau disesuaikan di masa depan tanpa mengubah keseluruhan arsitektur. Selain itu, keberadaan fase *Implementation Governance* dan *Architecture Change Management* menunjukkan bahwa rancangan sistem telah mempertimbangkan aspek akuntabilitas dan keberlanjutan implementasi. Pendekatan ini melampaui sebagian besar penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada aspek teknis penggunaan *drone* [5], dengan menambahkan dimensi tata kelola dan arsitektur enterprise sebagaimana direkomendasikan dalam studi terkait pengelolaan sistem berbasis TOGAF [8], [10].

3.4 Validasi Kebutuhan Berdasarkan Survei Petani

Validasi analisis kebutuhan dalam perancangan sistem, dilakukan survei terhadap 25 petani skala menengah di Kecamatan Andong, Kabupaten Boyolali, yang menjadi pengguna langsung sistem *drone* pertanian. Survei ini dirancang untuk mencakup aspek penting sesuai prinsip 5W+1H. *Who*: Responden dipilih secara purposive untuk memastikan relevansi data. *What*: Fokus pengumpulan data mencakup pengalaman pemupukan manual, ketertarikan terhadap *drone*, pengalaman penggunaan sistem informasi pertanian, serta kesiapan digital. *When*: Survei dilakukan pada periode musim tanam aktif saat kegiatan pemupukan berlangsung dan *Where*: di lahan pertanian Kecamatan Andong. *Why*: tujuannya adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan nyata dan hambatan yang dihadapi petani agar rancangan sistem *drone* sesuai konteks lapangan. *How*: Metode pengumpulan menggunakan kuesioner semi-terstruktur yang dibagikan langsung, dilengkapi sesi wawancara singkat untuk memperjelas jawaban.

Gambar 2. menyajikan distribusi tanggapan petani terhadap empat aspek utama: kesulitan pemupukan manual, ketertarikan penggunaan *drone*, pengalaman penggunaan sistem informasi pertanian, dan skor kesiapan digital. Gambaran visual yang memperkuat temuan survei serta memudahkan pembaca memahami kebutuhan dan kesiapan petani secara cepat. Hasil utama survei dapat dirangkum sebagai berikut. Mayoritas petani 80% mengaku mengalami kesulitan dalam pemupukan manual, baik dari segi tenaga, waktu, maupun efektivitas pemupukan. Selanjutnya, 88% petani menunjukkan ketertarikan untuk mencoba *drone* pertanian sebagai alternatif pemupukan, menandakan potensi tinggi untuk adopsi teknologi. Meski demikian, hanya 20% responden yang memiliki pengalaman menggunakan sistem informasi dalam kegiatan pertanian. Rata-rata skor kesiapan digital adalah 3,24 dari skala 1–5, yang menunjukkan tingkat kesiapan menengah untuk mengadopsi teknologi baru.



Gambar 2. Persentase Respons Petani terhadap Kebutuhan Pemupukan dan Teknologi *Drone*

Tolak ukur keberhasilan survei ini ditentukan dari tiga aspek: (1) identifikasi kebutuhan nyata di lapangan seperti kesulitan pemupukan, (2) ketertarikan dan potensi adopsi teknologi drone, dan (3) kesiapan digital petani untuk menerima sistem berbasis TI. Hasil survei menunjukkan bahwa kebutuhan terhadap efisiensi pemupukan sangat nyata di tingkat lapangan, serta adanya peluang besar untuk adopsi teknologi drone jika disertai antarmuka sistem yang ramah pengguna dan dukungan teknis yang memadai. Selain itu, survei ini memperkuat pentingnya pendekatan arsitektur enterprise berbasis TOGAF, karena desain sistem perlu menjawab kebutuhan aktual pengguna sekaligus mendukung integrasi teknologi secara terstruktur, memastikan bahwa solusi drone pertanian tidak hanya teknis, tetapi juga selaras dengan proses bisnis dan tata kelola TI.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan validasi survei, dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem drone pertanian berbasis TOGAF ADM mampu memberikan struktur yang komprehensif dan terintegrasi, menghubungkan kebutuhan bisnis, aplikasi, data, dan teknologi secara sistematis. Sistem yang dirancang berhasil menjawab kebutuhan utama petani untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pemupukan, sebagaimana ditunjukkan oleh pemetaan arsitektur bisnis, aplikasi, data, dan teknologi, serta rancangan drone yang modular dan terkontrol. Hasil survei terhadap 25 petani menegaskan urgensi sistem ini, dengan mayoritas mengalami kesulitan pemupukan manual, tertarik pada penggunaan *drone*, namun masih memiliki kesiapan digital menengah, sehingga desain sistem yang ramah pengguna dan dukungan teknis menjadi sangat penting. Integrasi seluruh domain arsitektur melalui TOGAF mendukung tata kelola TI yang baik, keberlanjutan implementasi, serta adaptasi sistem terhadap perkembangan teknologi dan kebutuhan pertanian masa depan. Dengan demikian, pendekatan enterprise berbasis TOGAF terbukti relevan untuk mendukung modernisasi pertanian presisi dan adopsi teknologi drone secara efektif dan akuntabel.

Daftar Pustaka

- [1] M. Arief and M. A. R. Siregar, "Penggunaan Teknologi *Drone* Dalam Monitoring," pp. 1–11, 2023.
- [2] Megawati Citra Alam, S. Bayu Aji, Puri Dwi Purwanti, and E. Kustiani, "Inovasi Pertanian dalam Penyemprotan Pestisida dengan *Drone* untuk Tanaman yang Sehat dan Aman di Area Persawahan Desa Musir Lor Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk," *JATIMAS J. Pertan. dan Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 143–151, 2023, doi: 10.30737/jatimas.v3i2.5127.
- [3] A. D. Joanda and T. P. Hidayat, "Analisa Proses Penyemprotan Pupuk Cair Menggunakan Teknologi *Drone* Sprayer (Studi kasus : Komoditas Tebu Provinsi Jawa Timur)," vol. 1, no. 3, 2024.
- [4] A. Munazilin, F. Muqtadir, I. Prasetyariansyah, and F. Wahyudi, "Rancang Bangun Arsitektur Enterprise Pada TPQ Energi Qur ' ani Menggunakan Metode TOGAF (The Open Group Architecture Framework)," vol. 4, no. 1, pp. 15–24, 2024, doi: 10.59395/janitra.v4i1.180.
- [5] M. Sulaiman and F. Kurniawan, "Perancangan sistem informasi pertanian berbasis teknologi *drone*," *J. Ilm. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 34–45.
- [6] A. D. Putra and R. A. Wicaksono, "Analisis kebutuhan sistem informasi pertanian berbasis teknologi *drone* dengan pendekatan enterprise architecture," *J. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 2, pp. 101–112.
- [7] Y. D. Pratama and P. W. Handayani, "Strategi integrasi TI dan bisnis menggunakan TOGAF ADM: Studi kasus sektor agroindustri," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 13, no. 1, pp. 55–67.
- [8] R. Firmansyah and D. A. Ningsih, "Evaluasi keberhasilan sistem *drone* pertanian presisi menggunakan kerangka enterprise architecture," *J. Transform. Digit.*, vol. 5, no. 1, pp. 25–36.
- [9] T. Herlina and A. Maulana, "Pengembangan sistem informasi berbasis sensor dan UAV untuk pemantauan lahan pertanian," *J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 10, no. 2, pp. 78–89.
- [10] H. Susanto and P. I. Santosa, "Tata kelola teknologi informasi dalam sistem pertanian digital: Tinjauan arsitektur enterprise," *J. Governansi TI*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12.
- [11] R. R. Rachmawati, "Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, Dan Modern," *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 38, no. 2, p. 137, 2021, doi: 10.21082/fae.v38n2.2020.137-154.
- [12] J. W. Simatupang, E. Rohmawan, and Z. Junior, "Pentingnya *Drone* Sprayer di Sektor Pertanian Khususnya Bagi Petani Indonesia The Importance of *Drone* Sprayer in Agricultural Sector Especially for Indonesian Farmers," *Semin. Nas. Tek. Elektro VI 2021*, no. November 2021, pp. 339–346, 2022.
- [13] R. Hidayat, Muhaimin, and A. Finawan, "Rancang Bangun Prototype *Drone* Penyemprot Pestisida Untuk Pertanian Padi Secara Otomatis," *J. Tektro*, vol. 3, no. 2, pp. 86–94, 2019, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/TEKTRO/article/view/1550>
- [14] I. Arham, S. Sjaf, and D. Darusman, "Strategi Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di Pedesaan Berbasis Citra *Drone* (Studi Kasus Desa Sukadamai Kabupaten Bogor)," *J. Ilmu Lingkungan*, vol. 17, no. 2, p. 245, 2019, doi: 10.14710/jil.17.2.245-255.
- [15] C. Widiyari and R. S. A. Dulan Este, "Rancang Bangun *Drone* Quadcopter Tanpa Awak Penyiram Pupuk Tanaman," *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 81–90, 2020, doi: 10.35143/elementer.v6i2.4396.