# Daftar Isi

[Daftar Isi 1](#_Toc201542226)

[BAB 1. PENDAHULUAN 3](#_Toc201542227)

[1.1 Latar Belakang 3](#_Toc201542228)

[1.2 Rumusan Masalah 3](#_Toc201542229)

[1.3 Solusi 4](#_Toc201542230)

[1.4 Manfaat Pengembangan 5](#_Toc201542231)

[1.5 Target Fungsional dan Justifikasi Ilmiah 6](#_Toc201542232)

[BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA 9](#_Toc201542233)

[2.1 Robot Lengan (Robotic Arm) 9](#_Toc201542234)

[2.2 Visi Komputer dalam Pertanian (Computer Vision in Agriculture) 9](#_Toc201542235)

[2.3 Mekanisme Penggenggam Adaptif (Adaptive Gripping Mechanisms) 9](#_Toc201542236)

[2.4 Machine Learning untuk Klasifikasi Tanaman/Biji (Machine Learning for Plant/Seed Classification) 10](#_Toc201542237)

[2.6 Sistem Kontrol Robot Presisi (Precision Robot Control Systems) 10](#_Toc201542238)

[2.7 Penerapan Robotik dalam Pertanian Urban (Robotics Application in Urban Farming) 10](#_Toc201542239)

[BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN 11](#_Toc201542240)

[3.1 Alur Kegiatan 11](#_Toc201542241)

[3.2 Tahap 1: Perancangan Mekanik dan Elektronik 11](#_Toc201542242)

[3.3 Tahap 2: Pengembangan Sistem Visi dan Kontrol 12](#_Toc201542243)

[3.4 Tahap 3: Integrasi dan Pengujian Sistem 13](#_Toc201542244)

[BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN 14](#_Toc201542245)

[4.1 Anggaran Biaya 14](#_Toc201542246)

[Tabel 4.1 Format Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya 15](#_Toc201542247)

[4.2 Jadwal Kegiatan 16](#_Toc201542248)

[Tabel 4.2 Jadwal Kegiatan 16](#_Toc201542249)

[DAFTAR PUSTAKA 17](#_Toc201542250)

[LAMPIRAN 1. BIODATA KETUA, ANGGOTA, DAN DOSEN PENDAMPING 21](#_Toc201542251)

[Lampiran 1.1. Biodata Ketua 21](#_Toc201542252)

[Lampiran 1.2. Biodata Anggota 22](#_Toc201542253)

[Lampiran 1.3. Biodata Anggota 23](#_Toc201542254)

[Lampiran 1.4. Biodata Dosen Pendamping 24](#_Toc201542255)

[LAMPIRAN 2. JUSTIFIKASI ANGGARAN KEGIATAN 25](#_Toc201542256)

[LAMPIRAN 3. SUSUNAN TIM PENGUSUL DAN PEMBAGIAN TUGAS 27](#_Toc201542257)

[LAMPIRAN 4. SURAT PERNYATAAN KETUA PELAKSANA 28](#_Toc201542258)

[LAMPIRAN 5. GAMBARAN TEKNOLOGI YANG AKAN DIKEMBANGKAN 1](#_Toc201542259)

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk di kawasan perkotaan saat ini mendorong naiknya kebutuhan pangan secara signifikan, meskipun ketersediaan lahan pertanian semakin menyempit. Oleh karena itu, pertanian perkotaan (*urban farming*) hadir sebagai terobosan baru untuk mengatasi persoalan ini dengan memanfaatkan lahan terbatas secara efektif. Akan tetapi, praktik pertanian perkotaan, khususnya pada skala menengah hingga besar, masih menghadapi kendala seperti tingginya kebutuhan akan tenaga kerja, rendahnya ketepatan penanaman, serta belum optimalnya efisiensi pemanfaatan sumber daya. Pekerjaan yang bersifat repetitif, seperti penanaman bibit, pemupukan, dan panen secara manual, menuntut waktu dan ketelitian yang tinggi, yang seringkali berujung pada kelelahan pekerja dan fluktuasi produktivitas. Alternatif konvensional, semisal alat tanam manual atau semi-otomatis, masih membutuhkan banyak campur tangan manusia dan kurang adaptif terhadap variasi kondisi tanaman maupun lingkungan. Di sisi lain, robot pertanian yang sudah ada umumnya didesain untuk pertanian skala luas dengan biaya penerapan yang sangat mahal, sehingga tidak praktis untuk digunakan dalam konteks pertanian perkotaan yang cenderung berskala kecil hingga menengah. Keterbatasan ruang dan sumber daya di lingkungan urban juga menuntut pendekatan otomatisasi pertanian yang lebih inovatif dan efisien.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kami menginisiasi pengembangan AgroArm, sebuah sistem lengan robotik pintar yang mengandalkan visi komputer dan kecerdasan buatan untuk mendukung penanaman presisi dan pemeliharaan tanaman di pertanian urban. Dengan memadukan kapabilitas deteksi visual yang akurat, manipulasi yang teliti, dan sistem kontrol adaptif, AgroArm diharapkan mampu meningkatkan efisiensi, produktivitas, serta keberlanjutan pertanian perkotaan, sekaligus meringankan beban kerja fisik para petani.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendesain dan menerapkan lengan robotik agar dapat menanam bibit dengan sangat akurat di area pertanian urban yang sempit?
2. Bagaimana cara menggabungkan sistem penglihatan buatan (AI) untuk mengenali area penanaman, mengklasifikasikan varietas bibit, dan menjamin posisi tanam yang paling ideal?
3. Bagaimana merancang algoritma kendali yang dapat menyesuaikan diri untuk penanganan bibit yang lembut dan tanggap terhadap perbedaan ukuran/bentuk bibit serta kondisi tanah?

## 1.3 Solusi

Alternatif yang kami ajukan adalah penciptaan AgroArm, sebuah perangkat lengan robotik yang dilengkapi dengan sistem penglihatan berbasis komputer dan algoritma kecerdasan buatan, bertujuan mengotomatisasi pekerjaan penanaman yang akurat dalam pertanian perkotaan. Sistem ini dirancang untuk berfungsi secara mandiri, sanggup mengidentifikasi keadaan lingkungan tanam dan berinteraksi secara cermat dengan bibit.

Secara teknis, **AgroArm** akan menggabungkan beberapa teknologi utama:

* **Lengan Robotik Berukuran Miniatur dengan Penggenggam Adaptif**: Pemilihan lengan robotik dengan ukuran yang cocok untuk ruang terbatas di pertanian perkotaan, dilengkapi dengan *end-effector* (penjepit) yang mampu menyesuaikan diri dengan beragam ukuran dan bentuk bibit atau biji.
* **Sistem Visi Komputer Berbasis *Deep Learning***: Memanfaatkan kamera beresolusi tinggi dan model *deep learning* (misalnya jenis EfficientDet atau Faster R-CNN) yang dilatih spesifik untuk mengidentifikasi area penanaman, mengenali varietas bibit, serta mengevaluasi status kesehatan bibit secara langsung.
* **Algoritma Kontrol Robot Presisi**: Merancang algoritma kendali pergerakan (*motion control*) yang menjamin lengan robot bergerak sangat akurat, mengurangi getaran seminimal mungkin, dan memberikan kekuatan genggam yang pas demi mencegah kerusakan bibit saat penanganan.
* **Integrasi dengan Mikrokontroler**: Sistem penglihatan berbasis AI akan mengolah informasi lalu mengirimkan data posisi dan instruksi tindakan ke mikrokontroler (contohnya ESP32 atau Raspberry Pi) yang tersambung dengan motor servo atau *stepper* pada lengan robot.

Dengan **AgroArm**, proses penanaman bibit dapat dilakukan secara otomatis dengan presisi yang jauh lebih tinggi daripada metode manual, mengoptimalkan jarak tanam, serta mengurangi pemborosan sumber daya.

## 1.4 Manfaat Pengembangan

1. **Peningkatan Efisiensi & Produktivitas**: Memangkas durasi dan upaya yang diperlukan untuk penanaman, sehingga petani perkotaan dapat berkonsentrasi pada hal-hal lain yang lebih rumit.
2. **Presisi Penanaman Optimal**: Menjamin keseragaman jarak dan kedalaman penanaman, yang berimbas positif pada pertumbuhan tanaman yang lebih optimal serta peningkatan kualitas panen.
3. **Pengurangan Kerusakan Bibit**: Penanganan yang cermat dan teratur oleh robot mengurangi seminimal mungkin risiko kerusakan bibit sepanjang tahap penanaman.
4. **Optimalisasi Penggunaan Lahan**: Membantu penanaman dengan kerapatan tinggi (*intensive planting*) pada lahan perkotaan yang terbatas dengan tingkat akurasi yang optimal.
5. **Optimalisasi Penggunaan Lahan**: Mendukung penanaman dengan kerapatan tinggi (*intensive planting*) pada lahan perkotaan yang terbatas dengan tingkat akurasi yang optimal.

**Kebaruan Ilmiah**

Kebaruan ilmiah dari **AgroArm** terletak pada integrasi holistik dan adaptif teknologi robotik, visi komputer, dan *machine learning* yang disesuaikan secara spesifik untuk tantangan unik *urban farming*. Inovasi ini mencakup:

* **Sistem Deteksi dan Klasifikasi Bibit Adaptif**: Berlainan dengan sistem konvensional yang sekadar mengidentifikasi keberadaan, **AgroArm** akan mengimplementasikan model *deep learning* untuk klasifikasi bibit atau biji secara langsung (*on-the-fly*) berdasarkan beragam jenisnya, sehingga robot dapat menyesuaikan *end-effector* atau metode penanaman tanpa perlu pengaturan manual.
* **Strategi Manipulasi Halus Berbasis Visi**: Perancangan algoritma kendali pergerakan yang mengintegrasikan data visual untuk secara dinamis menentukan kekuatan genggam dan laju gerak lengan, dengan tujuan agar penanganan bibit dilakukan sangat cermat dan menekan seminimal mungkin tekanan pada tanaman.
* **Optimisasi Jejak Energi untuk Skala Kecil**: Memusatkan perhatian pada perancangan *hardware* dan algoritma *software* yang mengoptimalkan penggunaan daya, sehingga membuatnya cocok diterapkan di lingkungan pertanian perkotaan yang memiliki keterbatasan energi.
* **Arsitektur Modular untuk Skalabilitas**: Rancangan yang memfasilitasi penambahan atau penggantian modul (*end-effector*, sensor) sesuai dengan kebutuhan beragam jenis tanaman atau tugas pertanian lainnya, sehingga menawarkan fleksibilitas yang lebih luas ketimbang solusi kaku yang sudah tersedia.
* **Solusi *Low-Cost* untuk Aplikasi Urban**: Berlawanan dengan lengan robotik industri yang berharga tinggi, AgroArm dirancang menggunakan komponen yang lebih ekonomis namun tetap menjaga ketepatan dan keandalan yang optimal, menjadikannya lebih terjangkau bagi kalangan petani perkotaan.

## 1.5 Target Fungsional dan Justifikasi Ilmiah

**Target Fungsional**

Pengembangan **AgroArm** diarahkan untuk mencapai sejumlah target fungsional utama yang merepresentasikan kapabilitas sistem dalam konteks penggunaan nyata di pertanian urban:

* 1. **Kemampuan Deteksi Lokasi Tanam dan Bibit**: Sistem mesti sanggup mengidentifikasi area target penanaman dan mengenali bibit/biji dengan tingkat ketepatan setidaknya 95% dalam beragam kondisi pencahayaan yang lazim di pertanian perkotaan (siang hari atau malam hari dengan penerangan).
  2. **Manipulasi Bibit Presisi**: Lengan robot mesti sanggup mengambil dan meletakkan bibit di lokasi yang telah ditetapkan dengan simpangan posisi maksimal ±2 mm dari sasaran.
  3. **Kapasitas Penanaman Efisien**: Robot tersebut sanggup menanam setidaknya 60 bibit per jam dengan persentase keberhasilan penempatan yang tepat melebihi 90%..
  4. **Antarmuka Pengguna Sederhana**: Menyajikan *antarmuka* pengguna grafis (GUI) berbasis web atau desktop yang mudah digunakan untuk mengkonfigurasi parameter penanaman (varietas bibit, spasi tanam) serta mengawasi jalannya operasional robot.
  5. **Operasi Semi-Otonom**: Robot mampu menjalankan seluruh rangkaian proses penanaman setelah menerima masukan awal, meliputi pendeteksian bibit, pengambilan, serta penempatannya, tanpa memerlukan campur tangan manusia secara terus-menerus.
  6. **Konsumsi Daya Efisien**: Rancangan sistem ini memprioritaskan efisiensi energi agar bisa beroperasi setidaknya 4 jam dengan tenaga baterai tanpa perlu pengisian ulang, sangat sesuai untuk kegiatan di lahan yang terbatas.

**Justifikasi Ilmiah:**

Pengembangan AgroArm tidak semata-mata didasari oleh kebutuhan fungsional, melainkan juga berlandaskan kokoh pada kaidah dan kemajuan keilmuan mutakhir dalam ranah robotika, visi komputer, serta pertanian presisi. Pembenaran ilmiah dari proyek ini meliputi beberapa poin pokok berikut:

1. **Penerapan *Deep Learning* untuk Visi Pertanian**: Pemanfaatan model *deep learning* (contohnya berbasis CNN) untuk identifikasi dan penggolongan bibit/area tanam secara langsung (*real-time*) adalah hal yang amat penting. Referensi ilmiah memperlihatkan bahwa *deep learning* sangat efisien dalam mengenali pola rumit pada gambar pertanian, bahkan dalam situasi yang beragam (misalnya, Wang et al., 2021). Hal ini memungkinkan robot untuk secara cerdik mengenali sasaran dan beradaptasi.
2. **Kontrol Gerak *Inverse Kinematics* dan Adaptif**: Untuk mencapai ketepatan manipulasi, sistem akan menggunakan prinsip *inverse kinematics* dalam menghitung posisi sambungan lengan robot. Di samping itu, penerapan kontrol adaptif (misalnya kontrol PID yang disesuaikan secara dinamis) akan menjamin pergerakan yang mulus dan responsif terhadap bobot serta bentuk bibit yang bervariasi (Siciliano et al., 2009).
3. **Desain *End-Effector* Ergonomis Berbasis Data**: Penelitian akan dilaksanakan guna menetapkan desain *end-effector* (penggenggam) yang paling efektif, kemungkinan berlandaskan pada *soft robotics* atau mekanisme cengkeraman dengan gaya minimal, demi menghindari kerusakan bibit. Pemilihan bahan dan bentuk akan didasarkan pada analisis mekanika material dan bio-mekanika tumbuhan.
4. **Komputasi *Edge* untuk Otonomi**: Pengolahan data visi dilaksanakan langsung pada perangkat (*on-device*) menggunakan komputer papan tunggal (*single-board computer*) berkemampuan GPU (misalnya Raspberry Pi 4 atau Jetson Nano), yang bertujuan mengurangi jeda waktu (*latensi*) dan ketergantungan pada sambungan internet. Pendekatan ini selaras dengan perkembangan *edge computing* dalam robotika otonom (Kong et al., 2022).
5. **Integrasi Sistem Terdistribusi**: Desain sistem yang memisahkan bagian visi, kendali gerak, dan tampilan pengguna, kemudian dihubungkan melalui koneksi serial atau jaringan area lokal. Metode modular ini memfasilitasi pengembangan secara bersamaan, proses pencarian dan perbaikan kesalahan (*debugging*) yang lebih sederhana, serta potensi pengembangan lebih lanjut di masa mendatang (Munera et al., 2017).

**Keluaran yang Ditargetkan**

Sebagai produk dari implementasi proyek ini, tim pengembang menetapkan beberapa hasil nyata yang menunjukkan pencapaian teknis, kelengkapan dokumentasi, dan potensi keberlanjutan inovasi. Hasil-hasil tersebut meliputi:

1. Wujud purwarupa **AgroArm** yang berfungsi penuh, sanggup melaksanakan tugas penanaman otomatis dengan presisi tinggi. Purwarupa ini akan memperlihatkan penyatuan sistem visi AI, pengendalian lengan robot, dan *end-effector* adaptif dalam satu kesatuan operasional.
2. Dokumentasi visual yang menunjukkan aplikasi **AgroArm** dalam simulasi atau lingkungan pertanian perkotaan skala kecil, memvisualisasikan tahapan pendeteksian, pengambilan, dan peletakan bibit/biji secara akurat.
3. Laporan teknis mengenai pengembangan sistem, dokumentasi menyeluruh dari kode sumber, rincian spesifikasi perangkat keras dan lunak, hasil-hasil pengujian, serta analisis performa purwarupa.
4. Naskah ilmiah yang disiapkan untuk dipublikasikan pada seminar atau jurnal terindeks, yang menjelaskan inovasi metodologi serta capaian dari pengembangan **AgroArm**.
5. Pengajuan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) atas desain sistem dan perangkat lunak yang dikembangkan.

# BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Robot Lengan (Robotic Arm)

Lengan robot merupakan manipulator mekanis yang diciptakan untuk meniru fungsi lengan manusia, tersusun dari serangkaian sendi (*joints*) yang terhubung oleh penghubung (*links*). Penerapan lengan robot sangat beragam, meliputi sektor manufaktur, medis, hingga agrikultur (Siciliano et al., 2008). Dalam bidang pertanian, lengan robot dimanfaatkan untuk beragam tugas seperti memanen buah, menyemprotkan pestisida, atau menanam bibit. Performa lengan robot sangat ditentukan oleh aspek kinematika (gerak maju dan mundur), dinamika, serta sistem kendalinya.

## 2.2 Visi Komputer dalam Pertanian (Computer Vision in Agriculture)

Sistem visi komputer telah menjadi unsur esensial dalam otomatisasi pertanian modern, memungkinkan mesin untuk "melihat" dan memahami lingkungan agraris. Penerapannya mencakup pendeteksian gulma, pengelompokan buah, pemantauan kondisi kesehatan tanaman, serta panduan robot (Tian et al., 2020). Metode *deep learning*, khususnya Jaringan Saraf Tiruan Konvolusional (CNNs), terbukti sangat efektif untuk tugas identifikasi dan segmentasi objek dalam lingkungan pertanian yang rumit dan beragam.

## 2.3 Mekanisme Penggenggam Adaptif (Adaptive Gripping Mechanisms)

*End-effector*, atau sering disebut penggenggam, merupakan komponen robot yang secara langsung berinteraksi dengan objek. Dalam konteks penanganan bibit, rancangan penggenggam yang adaptif dan lunak sangatlah krusial untuk menghindari kerusakan. Mekanisme *soft robotics* atau penjepit dengan aktuasi kurang (*under-actuated grippers*) yang mampu menyesuaikan bentuk objek tanpa memberikan tekanan berlebihan adalah bidang penelitian yang relevan (Shintake et al., 2018). Selain itu, pemilihan bahan yang tepat (misalnya silikon atau elastomer) juga berperan signifikan dalam mengurangi potensi kerusakan.

## 2.4 Machine Learning untuk Klasifikasi Tanaman/Biji (Machine Learning for Plant/Seed Classification)

Pembelajaran mesin (*Machine learning*), khususnya *deep learning*, telah menunjukkan keunggulan luar biasa dalam tugas penggolongan citra. Untuk AgroArm, model klasifikasi akan dilatih memakai kumpulan data citra beragam jenis bibit atau biji guna membedakan antara spesies dan bahkan mengevaluasi kualitasnya (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). Ketepatan klasifikasi akan secara langsung mempengaruhi kapasitas robot dalam memilih dan menanam bibit yang sesuai.

## 2.6 Sistem Kontrol Robot Presisi (Precision Robot Control Systems)

Kendali yang akurat merupakan penentu utama keberhasilan pengoperasian lengan robot yang sensitif, misalnya dalam penanaman bibit. Berbagai teknik kontrol, seperti kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID), kontrol adaptif, dan kontrol gaya/torsi (*force/torque*), diterapkan untuk menjamin pergerakan lengan robot sesuai lintasan yang diinginkan dengan ketepatan dan kecepatan maksimal, serta berinteraksi dengan lingkungan secara terkendali (Niku, 2020).

## 2.7 Penerapan Robotik dalam Pertanian Urban (Robotics Application in Urban Farming)

Kendati robot pertanian skala besar telah mapan, penggunaannya dalam *urban farming* masih berada pada fase awal. Kendala utamanya mencakup dimensi, biaya, serta kemampuan beradaptasi dengan lingkungan yang beragam dan terbatas. Riset terkini menitikberatkan pada pengembangan robot berukuran kecil, bersifat modular, dan berbiaya rendah yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem pertanian vertikal atau hidroponik (Van Delden et al., 2021). **AgroArm** hadir untuk menjembatani kesenjangan ini dengan menawarkan solusi otomatisasi yang fungsional dan ekonomis.

# BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN

Pelaksanaan program **AgroArm** akan dibagi ke dalam tiga tahap utama yang saling berkaitan dan berurutan, dimulai dari tahap perancangan mekanik dan elektronik, pengembangan sistem visi dan kontrol, hingga integrasi dan pengujian sistem. Setiap tahap akan dilaksanakan dengan pendekatan terstruktur dan berbasis *milestone* agar mempermudah pemantauan perkembangan dan pencapaian target Implementasi program AgroArm akan dipecah menjadi tiga fase utama yang saling terhubung dan berurutan, dimulai dari fase perancangan mekanis dan elektronis, dilanjutkan dengan pengembangan sistem visual dan kendali, hingga pada akhirnya integrasi dan pengujian sistem. Setiap fase akan dijalankan dengan metode terstruktur dan berlandaskan pada pencapaian penting (*milestone*) guna mempermudah pemantauan kemajuan dan tercapainya sasaran..

## Alur Kegiatan

Berikut adalah alur kegiatan secara garis besar dari awal hingga akhir program:

1. **Tahap 1: Perancangan Mekanik dan Elektronik**: Fokus pada desain struktur lengan robot dan komponen elektronik.
2. **Tahap 2: Pengembangan Sistem Visi dan Kontrol**: Meliputi pelatihan model AI, pemrograman kontrol robot, serta pengembangan *end-effector*.
3. **Tahap 3: Integrasi dan Pengujian Sistem**: Dilakukan perakitan seluruh komponen, uji coba fungsional, serta evaluasi kinerja akhir.

Setiap tahap dirancang untuk selesai dalam waktu ±1 bulan, sehingga seluruh kegiatan dapat diselesaikan dalam rentang waktu 3 bulan (12 minggu).

## Tahap 1: Perancangan Mekanik dan Elektronik

Tahap awal ini difokuskan pada perencanaan teknis dan penyusunan arsitektur sistem secara menyeluruh, mencakup aspek hardware (lengan robot, end-effector) dan pemilihan komponen elektronik. Aktivitas utama meliputi:

1. Merancang desain kinematika lengan robot (jumlah *joint*, *reach*, *payload*).
2. Memilih motor servo/stepper, *driver*, dan sensor posisi yang sesuai.
3. Mendesain *end-effector* (penggenggam) adaptif untuk memanipulasi bibit dengan hati-hati.
4. Menentukan spesifikasi *single-board computer* (misal Raspberry Pi atau Jetson Nano) dan kamera yang akan digunakan untuk sistem visi.
5. Merancang sirkuit kontrol elektronik dan sistem catu daya (*power supply*) yang efisien.
6. Melakukan pengadaan komponen utama dan perakitan awal kerangka lengan robot.

Target capaian:

* Desain mekanik lengan robot dan *end-effector* selesai (gambar CAD).
* Daftar komponen elektronik yang dibutuhkan teridentifikasi dan sebagian besar sudah diakuisisi.
* Kerangka lengan robot dasar terakit.

## Tahap 2: Pengembangan Sistem Visi dan Kontrol

Tahap ini mencakup pengembangan perangkat lunak inti dan sistem kontrol yang akan menggerakkan **AgroArm**, serta pembuatan end-effector yang telah didesain. Beberapa aktivitas utama yang akan dilakukan:

1. Pengumpulan data citra bibit/area tanam dan anotasi untuk pelatihan model *deep learning*.
2. Pelatihan dan optimisasi model *deep learning* untuk deteksi lokasi tanam dan klasifikasi bibit.
3. Pemrograman algoritma *inverse kinematics* dan kontrol gerak lengan robot (misalnya PID kontrol) pada mikrokontroler/SBC.
4. Pengembangan logika untuk *end-effector* adaptif (membuka/menutup, gaya genggam).
5. Implementasi komunikasi antara SBC (untuk visi) dan mikrokontroler (untuk kontrol motor).
6. Pengembangan antarmuka pengguna dasar untuk konfigurasi dan pemantauan.

Target capaian:

* Model deteksi dan klasifikasi bibit terlatih dengan akurasi memadai.
* Lengan robot dapat bergerak sesuai perintah (mengambil, menempatkan) secara manual/semi-otomatis.
* Fungsi *end-effector* bekerja dengan baik.

## Tahap 3: Integrasi dan Pengujian Sistem

Tahap akhir bertujuan melakukan integrasi penuh antara perangkat keras dan lunak, serta validasi fungsionalitas **AgroArm** dalam skenario penggunaan nyata. Aktivitas utama:

1. Perakitan akhir seluruh komponen *hardware* dan *software* menjadi satu sistem yang kohesif.
2. Pengujian fungsionalitas end-to-end: mulai dari deteksi lokasi, pengambilan bibit, hingga penempatan di lokasi target.
3. Pengujian kinerja presisi penanaman (deviasi posisi, tingkat keberhasilan penempatan).
4. Pengujian efisiensi waktu siklus penanaman dan konsumsi daya.
5. Evaluasi performa robot dalam berbagai kondisi lingkungan (pencahayaan, jenis media tanam).
6. Dokumentasi hasil pengujian, analisis kelebihan/kekurangan, dan penyusunan laporan akhir.
7. Pembuatan video demonstrasi produk.

Target capaian:

* **AgroArm** dapat beroperasi secara semi-otomatis untuk penanaman presisi.
* Tingkat presisi dan efisiensi sesuai target fungsional.
* Sistem dinyatakan siap untuk dipresentasikan dan didemonstrasikan.

# BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN

## 4.1 Anggaran Biaya

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Jenis Pengeluaran** | **Sumber Dana** | **Biaya (Rp)** |
| 1 | Bahan habis pakai (Komponen elektronik kecil, filamen 3D, sensor, perkakas) | Belmawa |  |
|  |  | Perguruan Tinggi | Rp4.500.000,00 |
|  |  | Instansi Lain  (jika ada) |  |
| 2 | Sewa dan jasa (Sewa fasilitas *workshop*, jasa *machining* / *printing* komponen kustom) | Belmawa | Rp1.000.000,00 |
|  |  | Perguruan Tinggi |  |
|  |  | Instansi Lain  (jika ada) |  |
| 3 | Peralatan pendukung (Lengan robot mini, motor servo/stepper, kamera, SBC) | Belmawa |  |
|  |  | Perguruan Tinggi | Rp3.500.000,00 |
|  |  | Instansi Lain  (jika ada) |  |
| 4 | Lain-lain (Komunikasi, akses daring, publikasi, dokumentasi, pembuatan video) | Belmawa |  |
|  |  | Perguruan Tinggi | Rp1.000.000 |
|  |  | Instansi Lain  (jika ada) |  |
| **Jumlah** |  |  | **Rp10.000.000** |

### Tabel 4.1 Format Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Rekap Sumber Dana

* Belmawa: Rp 1.000.000
* Perguruan Tinggi: Rp 9.000.000
* Instansi Lain (jika ada): -
* **Jumlah**: Rp 10.000.000

## 4.2 Jadwal Kegiatan

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Jenis Kegiatan** | **Bulan** | **Person Penanggung Jawab** |
|  |  | 1 | 2 |
| 1 | Perancangan mekanik dan elektronik | ✓ |  |
| 2 | Pengembangan sistem visi dan kontrol |  | ✓ |
| 3 | Integrasi dan pengujian sistem |  |  |
| 4 | Pengujian lapangan dan evaluasi kinerja |  |  |
| 5 | Dokumentasi, laporan akhir, dan pembuatan video |  |  |

### Tabel 4.2 Jadwal Kegiatan

# DAFTAR PUSTAKA

Kong, L., Tan, J., Huang, J., Chen, G., Wang, S., Jin, X., ... & Das, S. K. (2022). Edge computing-driven internet of things: A survey. *ACM Computing Surveys*, *55*(8), 1-41. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3555308>

Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and electronics in agriculture*, *147*, 70-90. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169917308803>

Munera, E., Poza-Lujan, J. L., Posadas-Yague, J. L., Simo, J., & Noguera, J. F. B. (2017). Distributed real-time control architecture for ros-based modular robots. *IFAC PapersOnLine*, *50*(1), 11233-11238. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317321985>

Niku, S. B. (2020). *Introduction to robotics: analysis, control, applications*. John Wiley &

Sons.<https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=rLfADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR15&dq=Niku,+S.+B.+(2010)+Introduction+to+Robotics:+Analysis,+Control,+Applications.+2nd+edn.+John+Wiley+%26+Sons.&ots=_w_rul0mzj&sig=_8tyjQirXnj8fQ2DW8H6f_jKbQ4>

Shintake, J., Cacucciolo, V., Floreano, D., & Shea, H. (2018). Soft robotic grippers. *Advanced materials*, *30*(29), 1707035. <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.201707035>

Siciliano, B., Khatib, O., & Kröger, T. (Eds.). (2008). *Springer handbook of robotics* (Vol.

200, p. 1). Berlin: springer.<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-32552-1?source=shoppingads&locale=enjp&gclid=Cj0KCQiAwJWdBhCYARIsAJc4idCcF2us102UDVGHpi9py3j3kDIRfTV8W-cT0Jx8dgDKWGwDZj2053EaAqIdEALw_wcB>

Tian, H., Wang, T., Liu, Y., Qiao, X., & Li, Y. (2020). Computer vision technology in agricultural automation—A review. *Information processing in agriculture*, *7*(1), 1-19. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317319301751>

Van Delden, S. H., SharathKumar, M., Butturini, M., Graamans, L. J. A., Heuvelink, E., Kacira, M., ... & Marcelis, L. F. M. (2021). Current status and future challenges in implementing and upscaling vertical farming systems. *Nature Food*, *2*(12), 944-956. <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00402-w>

**LAMPIRAN**

Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota serta Dosen Pembimbing

Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan

Lampiran 3. Susunan Tim Pengusul dan Pembagian Tugas

Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Tim Pengusul

Lampiran 5. Gambaran Teknologi yang akan Dikembangkan

# LAMPIRAN 1. BIODATA KETUA, ANGGOTA, DAN DOSEN PENDAMPING

## Lampiran 1.1. Biodata Ketua

1. Identitas Diri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Nama Lengkap | Darell Harin Pramudita Wibisono |
| 2 | Jenis Kelamin | Laki-laki |
| 3 | Program Studi | Informatika |
| 4 | NIM | 22081010338 |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir | Sidoarjo, 24-07-2004 |
| 6 | Alamat E-mail | [darellwibi@gmail.com](mailto:darellwibi@gmail.com) |
| 7 | Nomor Telepon/HP | 089502353535 |

1. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Jenis Kegiatan | Status dalam Kegiatan | Waktu dan Tempat |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |

1. Penghargaan yang Pernah Diterima

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Jenis Penghargaan | Pihak Pemberi Penghargaan | Tahun |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Kota, tanggal-bulan-tahun

Ketua Tim

(tanda tangan asli/basah)

(Nama Lengkap)

## Lampiran 1.2. Biodata Anggota

1. Identitas Diri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Nama Lengkap | - |
| 2 | Jenis Kelamin | - |
| 3 | Program Studi | - |
| 4 | NIM | - |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir | - |
| 6 | Alamat E-mail | - |
| 7 | Nomor Telepon/HP | - |

1. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Jenis Kegiatan | Status dalam Kegiatan | Waktu dan Tempat |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |

1. Penghargaan yang Pernah Diterima

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Jenis Penghargaan | Pihak Pemberi Penghargaan | Tahun |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Kota, tanggal-bulan-tahun

Anggota Tim

(tanda tangan asli/basah)

(Nama Lengkap)

## Lampiran 1.3. Biodata Anggota

1. Identitas Diri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Nama Lengkap | - |
| 2 | Jenis Kelamin | - |
| 3 | Program Studi | - |
| 4 | NIM | - |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir | - |
| 6 | Alamat E-mail | - |
| 7 | Nomor Telepon/HP | - |

1. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Jenis Kegiatan | Status dalam Kegiatan | Waktu dan Tempat |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |

1. Penghargaan yang Pernah Diterima

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Jenis Penghargaan | Pihak Pemberi Penghargaan | Tahun |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Kota, tanggal-bulan-tahun

Anggota Tim

(tanda tangan asli/basah)

(Nama Lengkap)

## Lampiran 1.4. Biodata Dosen Pendamping

1. Identitas Diri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Nama Lengkap (dengan gelar) | Dr. Basuki Rahmat, S.Si, MT |
| 2 | Jenis Kelamin | Laki-laki |
| 3 | Program Studi | Informatika |
| 4 | NIP/NIDN | 196907232021211002 / 0023076907 |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir | Jember, 23 Juli 1969 |
| 6 | Alamat E-mail | basukirahmat.if@upnjatim.ac.id |
| 7 | Nomor Telepon/HP | +6281357938303 |

1. Riwayat Pendidikan

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Jenjang | Bidang Ilmu | Institusi | Tahun Lulus |
| 1 | Sarjana (S1) | Fisika -Instrumentasi | Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) - Surabaya | 1988-1995 |
| 2 | Magister (S2) | Instrumentasi dan Kontrol | Institut Teknologi Bandung (ITB) | 1998-2000 |
| 3 | Doktor (S3) | Teknik Elektro -  Jaringan Cerdas Multimedia | Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) - Surabaya | 2011 - 2018 |

1. Rekam Jejak Tri Dharma PT

Pendidikan/Pengajaran

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama Mata Kuliah | Wajib/Pilihan | SKS |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |

Penelitian

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Judul Penelitian | Penyandang Dana | Tahun |
| 1 | Pemrograman Robot Cerdas dengan Arduino (Riset Peningkatan Mutu Pembelajaran) | Rp18.000.000,00 | 2019 |
| 2 | Pemrograman Deep Learning dengan Python (Dilengkapi dengan Contoh-Contoh Penerapan di Berbagai Bidang) (Riset Peningkatan Mutu Pembelajaran) | Rp10.350.000,00 | 2020 |

Pengabdian kepada Masyarakat

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Judul Pengabdian kepada Masyarakat | Penyandang Dana | Tahun |
| 1 | Perancangan dan Pembuatan Mesin Penetas Telur Berbasis Neuro-Fuzzy (Pengabdian Masyarakat Program Penerapan IPTEK) | Rp10.000.000,00 | 2004 |

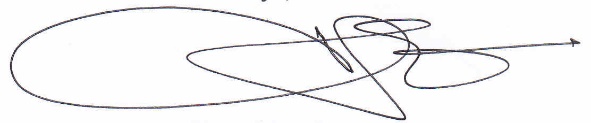
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 2 | Sistem Prediksi dan Pendeteksian Serta Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Neuro-Fuzzy Secara Online dan Real Time pada Daerah Rawan banjir Kab. Lamongan Jatim (Pengabdian Masyarakat Program Penerapan IPTEK). | Rp50.000.000,00 | 2009 |
| 3 | Pembuatan Layanan Integrated Mobile Online Multi Store System (IMOMS) Untuk Anggota Koperasi INTAKO Tanggulangin Sidoarjo Jawa Timur (Pengabdian Masyarakat Program IPTEK Bagi Masyarakat). | Rp50.000.000,00 | 2010 |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Kota, tanggal-bulan-tahun

Dosen Pendamping



Dr. Basuki Rahmat, S.Si, MT

NIDN. 0023076907

# LAMPIRAN 2. JUSTIFIKASI ANGGARAN KEGIATAN

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Jenis Pengeluaran | Volume | Harga Satuan (Rp) | Nilai (Rp) |
| 1 | **Belanja Bahan (maks. 60%)** |  |  |  |
|  | Suku Cadang/Microcontroller/Sensor/Kit |  |  |  |
|  | Motor servo/stepper | 1 set |  | Rp3.500.000,00 |
|  | Kamera resolusi tinggi | 1 unit |  | Rp3.500.000,00 |
|  | Single-board computer (Raspberry Pi/Jetson Nano) | 1 unit |  | Rp3.500.000,00 |
|  | Komponen elektronik kecil (kabel,resistor,kapasitor,dll) | 1 paket |  | Rp4.500.000,00 |
|  | Filamen 3D (untuk end-effector dan komponen cetak) | 1 roll |  | Rp4.500.000,00 |
|  | Sensor posisi | 1 set |  | Rp4.500.000,00 |
|  | Perkakas pendukung | 1 set |  | Rp4.500.000,00 |
| **SUB TOTAL (Rp)** | | | | **Rp8.000.000,00** |
| 2 | **Belanja Sewa (maks. 15%)** |  |  |  |
|  | Sewa fasilitas workshop | 1 bulan |  | Rp1.000.000,00 |
|  | Jasa machining / printing komponen kustom | 1 paket |  | Rp1.000.000,00 |
| **SUB TOTAL (Rp)** | | | | **Rp2.000.000,00** |
| 3 | **Perjalanan (maks. 30 %)** |  |  |  |
|  | Tidak ada alokasi khusus untuk perjalanan dalam RAB yang diberikan. Kegiatan akan dilakukan di lokasi internal. |  |  |  |
| **SUB TOTAL (Rp)** | | | | **Rp0** |
| 4 | **Lain-lain (maks. 15 %)** |  |  |  |
|  | Komunikasi | 3 bulan |  | Rp1.000.000,00 |
|  | Akses daring | 3 bulan |  | Rp1.000.000,00 |
|  | Publikasi (jurnal/seminar) | 1 kegiatan |  | Rp1.000.000,00 |
|  | Dokumentai (cetak laporan, dll) | 1 paket |  | Rp1.000.000,00 |
|  | Pembuatan video demonstrasi | 1 kegiatan |  | Rp1.000.000,00 |
| SUB TOTAL (Rp) | | | | **Rp5.000.000,00** |
| GRAND TOTAL (Rp) | | | | **Rp15.000.000,00** |
| (GRAND TOTAL Terbilang **Lima Belas Juta Rupiah**) | | | | |

# LAMPIRAN 3. SUSUNAN TIM PENGUSUL DAN PEMBAGIAN TUGAS

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Nama/NIM | Program Studi | Bidang Ilmu | Alokasi Waktu (jam/minggu) | Uraian Tugas |
| 1 | Darell Harin P. W/ 22081010338 | Informatika | - | - | Membuat laporan PKM |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |

# LAMPIRAN 4. SURAT PERNYATAAN KETUA PELAKSANA

(di halaman selanjutnya)

SURAT PERNYATAAN KETUA TIM PENGUSUL

Yang bertanda tangan di bawah ini:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama Ketua Tim | : | Darell Harin Pramudita Wibisono |
| NIM | : | 22081010338 |
| Program Studi | : | Informatika |
| Nama Dosen Pendamping | : | Dr. Basuki Rahmat, S.Si, MT |
| Perguruan Tinggi | : | UPN Veteran Jawa Timur |

Dengan ini menyatakan bahwa proposal PKM-KC saya dengan judul **AgroArm: Lengan Robotik Pintar Berbasis Visi Komputer dan Kecerdasan Buatan untuk Penanaman Presisi di Pertanian Perkotaan** yang diusulkan untuk tahun anggaran .............. adalah:

1. Asli karya kami dan belum pernah dibiayai oleh lembaga atau sumber dana lain, dan tidak dibuat dengan menggunakan kecerdasan buatan/artificial intelligence (AI).
2. Kami berkomitmen untuk menjalankan kegiatan PKM secara sungguh-sungguh hingga selesai.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya yang sudah diterima ke kas negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Surabaya,23/06/2025  Yang menyatakan,  (Materai Rp. 10.000  Tanda tangan asli/basah)  Darell Harin Pramudita .W  22081010338 |
|  |  |  |

# LAMPIRAN 5. GAMBARAN TEKNOLOGI YANG AKAN DIKEMBANGKAN

**AgroArm: Lengan Robotik Cerdas Berlandaskan Penglihatan Komputer dan Kecerdasan Artifisial untuk Penanaman Tepat Guna di Pertanian Perkotaan**

AgroArm adalah suatu platform manipulator robotik cerdas yang didesain guna menunjang penanaman presisi dan pemeliharaan tanaman dalam konteks pertanian urban. Sistem ini akan beroperasi secara otonom, sanggup mengidentifikasi kondisi lingkungan tanam dan berinteraksi secara teliti dengan bibit.

Secara teknis, AgroArm akan mengintegrasikan beberapa inovasi kunci:

* **Lengan Robotik Miniatur dengan Penjepit Adaptif:** Pemilihan manipulator robotik yang proporsional untuk ruang terbatas di pertanian perkotaan, dilengkapi dengan efektor akhir (*end-effector*) yang dapat menyesuaikan diri terhadap beragam ukuran dan morfologi bibit atau biji. Perancangan efektor akhir ini akan didasarkan pada *robotika lunak* atau mekanisme cengkeraman *under-actuated* untuk mencegah kerusakan bibit, dengan pemilihan material berdasarkan analisis mekanika bahan dan bio-mekanika tumbuhan.
* **Sistem Penglihatan Komputer Berbasis Pembelajaran Mendalam (*Deep Learning*):** Memanfaatkan kamera beresolusi tinggi dan model *deep learning* (misalnya tipe EfficientDet atau Faster R-CNN) yang dilatih secara spesifik untuk mendeteksi area penanaman, mengklasifikasikan varietas bibit, serta mengevaluasi status kesehatan bibit secara langsung. Pemrosesan data visual akan dilaksanakan langsung pada perangkat (*on-device*) menggunakan komputer papan tunggal (*single-board computer*) berkemampuan GPU (misalnya Raspberry Pi 4 atau Jetson Nano), untuk meminimalkan latensi dan ketergantungan pada koneksi internet.
* **Algoritma Kontrol Robot Presisi:** Merancang algoritma kendali pergerakan (*motion control*) yang memastikan lengan robot bergerak sangat akurat, meminimalisir getaran, dan memberikan kekuatan genggam yang tepat demi mencegah kerusakan bibit selama penanganan. Untuk mencapai akurasi manipulasi, sistem akan menerapkan prinsip *kinematika invers* dalam perhitungan posisi sambungan lengan robot. Implementasi kontrol adaptif (misalnya kontrol PID yang disesuaikan secara dinamis) akan menjamin pergerakan yang halus dan responsif terhadap variasi bobot serta bentuk bibit.
* **Integrasi dengan Mikrokontroler:** Sistem penglihatan berbasis AI akan memproses informasi kemudian mentransmisikan data posisi dan instruksi tindakan ke mikrokontroler (misalnya ESP32 atau Raspberry Pi) yang terhubung dengan motor servo atau *stepper* pada lengan robot. Desain sistem ini akan memisahkan modul visi, kendali gerak, dan antarmuka pengguna, kemudian dihubungkan melalui koneksi serial atau jaringan area lokal , sehingga memfasilitasi pengembangan paralel dan penyederhanaan proses *debugging*.

AgroArm dirancang dengan penekanan pada optimalisasi konsumsi energi agar sesuai diterapkan di lingkungan pertanian perkotaan yang memiliki keterbatasan daya , serta memiliki rancangan modular untuk skalabilitas , dan dibangun menggunakan komponen yang lebih terjangkau namun tetap menjaga ketelitian dan keandalan yang optimal , menjadikannya lebih dapat diakses oleh para petani perkotaan.