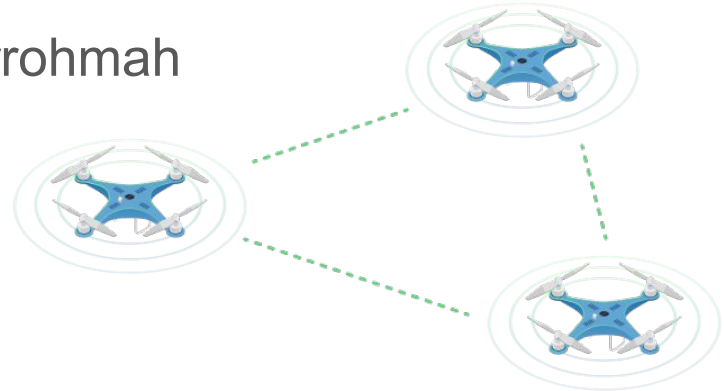
Peningkatan Produktivitas Kebun Kelapa Sawit Melalui Penyerbukan Buatan dengan Bantuan *Autonomous Drone Swarm*

Project Leader: Siti Noorrohmah
Member:
- Adi Sujiwo
- Karyanti



Justifikasi

- Produksi TBS dan CPO cenderung menurun; salah satu penyebabnya adalah penurunan populasi serangga polinator
- Penyerbukan manual (oleh manusia) cenderung kurang efisien karena sulit menjangkau bagian-bagian pohon yang tinggi dan luasnya lahan perkebunan
- Teknologi AI dan drone memungkinkan pengembangan drone yang mampu bergerak otonom dan dapat menggantikan peran manusia untuk melakukan penyerbukan buatan
- Untuk skala lebih luas, sekelompok drone yang bergabung dalam swarm dapat bekerja sama untuk melakukan penyerbukan secara efisien

Tujuan

1. Untuk mencari metode penyerbukan buatan yang efektif dan efisien yang nantinya dapat diimplementasikan pada drone penyerbuk oleh teknisi lapang;
2. Mengembangkan sistem drone otonom yang mampu mengerjakan metode penyerbukan buatan seperti tercantum pada poin 1;
3. Mengembangkan sistem drone swarm yang mampu mengerjakan penyerbukan buatan secara bersama-sama pada lahan yang luas.

Gambaran Umum Penelitian

	Tahun ke-1	Tahun ke-2
Keluaran	- Metode penyerbukan buatan yang drone-friendly - Prototipe drone polinator	- Prototipe sistem drone swarm untuk polinasi skala besar - Dokumentasi
Biaya	Rp 126.500.000	Rp 172.500.000

Metodologi Penelitian

Tahun ke-1: Pengembangan *Single-Drone Pollinator*

1. Serbuk sari yang telah dilarutkan akan dibawa oleh drone
2. Drone akan mencari dan mendekati bunga betina di bawah kanopi secara otonom, untuk kemudian menyemprotkan larutan serbuk sari
3. Sensor utama yang digunakan adalah kamera yang diproses menggunakan komputer mini dan modul Neural processing unit (NPU)
    - Deteksi bunga menggunakan neural network yang terlebih dulu dilatih
    - Kendali drone menggunakan teknik visual servoing
4. Sesuai batasan jumlah larutan dan tenaga baterai, drone akan kembali ke tempat asal secara otomatis
5. Efektivitas metode akan dibandingkan dengan metode penyerbukan manual

Metodologi Penelitian

Tahun ke-2: *Pollinator Drone Swarm*

1. Untuk skala lebih luas, diperlukan drone lebih banyak yang mampu bekerja sama sebagai tim
2. Dalam penelitian ini, akan digunakan max. 10 drone yang saling otonom
3. Perilaku setiap drone akan dipantau untuk menentukan metode manajerial yang paling efektif untuk menyelesaikan tugas penyerbukan buatan pada luasan lahan yang telah ditentukan

Tahapan Penelitian

Kegiatan	Tahun ke-1					
	Jan-Feb	Mar-Apr	Mei-Jun	Jul-Ags	Sep-Okt	Nov-Des
Analisis Kebutuhan - Observasi lapang - Kalkulasi parameter desain	■	■				
Evaluasi metode penyerbukan buatan secara manual		■	■	■	■	
Desain dan perakitan drone - Desain dan simulasi *basic drone hardware* - Pengembangan software dan training neural network untuk sistem polinator otonom - Integrasi hardware & software		■	■	■	■	
System Testing - Laboratory test - Field Test Wrap-Up - Aplikasi paten - Penulisan draft publikasi					■	■

Tahapan Penelitian

Kegiatan	Tahun ke-2					
	Jan-Feb	Mar-Apr	Mei-Jun	Jul-Ags	Sep-Okt	Nov-Des
Persiapan Pengembangan Drone Swarm - Perakitan drone tambahan - Kalibrasi sensor	■	■				
Desain dan implementasi drone swarm - Simulasi *drone swarm* - Pengembangan software untuk drone swarm - Integrasi hardware & software		■	■	■	■	
System Testing - Laboratory test - Field Test Wrap-Up - Penulisan dokumentasi - Penulisan draft publikasi					■	■

Keluaran Penelitian

1. Prototipe pollinator drone
    - Patented
2. Sistem Manajemen Drone Swarm
3. Metode penyerbukan buatan yang bersifat *drone-friendly*

Rencana Anggaran dan Biaya (Tahun ke-1)

No.	Item	Volume	Satuan	Unit Cost	Jumlah
1	Pengembangan Basic Drone	2	pcs	7.500.000	15.000.000
2	Antena base station RTK GPS	1	pcs	15.000.000	15.000.000
3	Kamera Intel RealSense	2	pcs	7.500.000	15.000.000
4	Laptop base station	1	pcs	15.000.000	15.000.000
6	Single board computer (untuk processing citra drone)	2	pcs	3.000.000	6.000.000
7	Sewa HPC (untuk training neural network)	3	bulan	1.500.000	4.500.000
8	Honor asisten peneliti	24	orang per bulan	500.000	24.000.000
9	Biaya perjalanan luar kota (kebun BGA)	4	orang per trip	8.000.000	32.000.000
Jumlah					126.500.000

Rencana Anggaran dan Biaya (Tahun ke-2)

No.	Item	Volume	Satuan	Unit Cost	Jumlah
1	Pengembangan Basic Drone	8	pcs	7.500.000	60.000.000
2	Kamera Drone	8	pcs	3.500.000	28.000.000
3	Single board computer (untuk processing citra drone)	8	pcs	3.000.000	24.000.000
4	Sewa HPC (untuk simulasi swarm)	3	bulan	1.500.000	4.500.000
5	Honor asisten peneliti	24	orang per bulan	500.000	24.000.000
6	Biaya perjalanan luar kota (kebun BGA)	4	orang per trip	8.000.000	32.000.000
Jumlah					172.500.000

Cost and Benefit Analysis

Finansial	Non-Finansial
- Drone mampu menjangkau bunga jantan/betina yang sulit disentuh tenaga kerja manusia → peningkatan produktivitas pohon - Mengurangi jumlah tenaga kerja manusia yang dibutuhkan untuk polinasi manual	- Teknologi drone swarming membuka peluang untuk penerapan di bidang lain (militer, kesehatan, pertanian)
- Investasi awal cenderung besar - Perilaku swarm secara teoritis belum dapat diprediksi → resiko finansial belum pasti - Diperlukan teknisi drone yang ahli	

Terima Kasih