

**PENENTUAN POLA TANAM SAWIT BERBASIS ARDUSIMPLE RTK2B,
GNSS MULTIBAND ANTENNA DAN ORTHOPHOTO DRONE**

(Skripsi)

Oleh

Muna Fauziah

2015031001



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2025

**PENENTUAN POLA TANAM SAWIT BERBASIS ARDUSIMPLE RTK2B,
GNSS MULTIBAND ANTENNA DAN ORTHOPHOTO DRONE**

**Oleh
MUNA FAUZIAH**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

PENENTUAN POLA TANAM SAWIT BERBASIS ARDUSIMPLE RTK2B, GNSS MULTIBAND ANTENNA DAN ORTHOPHOTO DRONE

Oleh

MUNA FAUZIAH

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan penting di Indonesia, dengan produksi *Crude Palm Oil* (CPO) mencapai 46,88 juta ton pada tahun 2021. Untuk mencapai hasil optimal, penentuan pola tanam yang presisi menjadi tahapan kritis dalam budidayanya. Selama ini, metode konvensional menggunakan pasak dan tali masih diterapkan, sehingga kurang efisien dari segi waktu, biaya dan sumberdaya. Penelitian ini mengembangkan sistem integrasi yang memanfaatkan teknologi GNSS RTK (*Real Time Kinematic*) berbasis modul ArduSimple RTK2B dengan GNSS *Multiband Antenna*, didukung oleh *orthophoto* hasil pemetaan *drone* untuk meningkatkan akurasi penentuan pola tanam kelapa sawit. Sistem ini diintegrasikan dengan *smartphone* melalui *Bluetooth* untuk memudahkan operasi di lapangan, serta menggunakan LoRa Ebyte E220 sebagai media transmisi koreksi data RTCM. Seluruh sistem dikendalikan oleh Raspberry Pi 4 Model B sebagai pengendali utama. Metode penelitian mencakup uji akurasi terhadap titik *benchmark*, uji jarak komunikasi LoRa, simulasi penentuan pola tanam menggunakan rover GNSS, dan *overlay* hasil pengukuran dengan *orthophoto*. Hasil penelitian menunjukkan akurasi posisi sistem mencapai 8,93 cm pada uji titik *benchmark* di Perpustakaan Unila. Pada uji komunikasi LoRa, terjadi penurunan *Packet Delivery Ratio* (PDR) dan peningkatan *Packet Loss* (PL) seiring bertambahnya jarak, dengan galat posisi tertinggi mencapai 15 cm pada area terjauh. Validasi melalui *overlay orthophoto* mengungkap adanya perbedaan posisi yang dipengaruhi oleh faktor elevasi lapangan. Secara keseluruhan, integrasi teknologi RTK, LoRa, dan *orthophoto* terbukti mampu mendukung penentuan pola tanam kelapa sawit yang lebih presisi, meskipun terdapat keterbatasan pada jangkauan komunikasi dan akurasi di lapangan yang dipengaruhi kondisi topografi.

Kata Kunci : Pola Tanam Kelapa Sawit, RTK GNSS, *Orthophoto*, LoRa, ArduSimple RTK2B

ABSTRACT

DETERMINATION OF OIL PALM PLANTING PATTERNS BASED ON ARDUSIMPLE RTK2B, GNSS MULTIBAND ANTENNA, AND DRONE'S ORTHOPHOTOS

By

MUNA FAUZIAH

Oil palm is a crucial plantation commodity in Indonesia, with Crude Palm Oil (CPO) production reaching 46.88 million tons in 2021. To achieve optimal yields, determining a precise planting pattern is critical stage in its cultivation. Conventionally, the methods using stakes and ropes is still widely applied, in which is inefficient terms of time, cost, and resources. This study develops an integrated system that utilizes GNSS RTK (Real-Time Kinematic) technology based on ArduSimple RTK2B module and multiband GNSS Antenna, supported by orthophotos from drone mapping to enhance the accuracy of oil palm planting pattern determination. This system is integrated with a smartphone via Bluetooth for ease of field operation and equipped with LoRa Ebyte E220 as the transmission medium for RTCM data corrections. The entire system is controlled by a Raspberry Pi 4 Model B as the main computing unit. The research methodology includes accuracy testing against a benchmark point, a LoRa communication distance test, a simulation of planting pattern determination using a GNSS rover, and an overlay of measurement results with orthophotos. The results show that the system's positional accuracy reached 8.93 cm in a benchmark test at the Unila Library. In the LoRa communication test, there was a decrease in the Packet Delivery Ratio (PDR) and increase in Packet Loss (PL) as the distance increased, with the highest positional error of 15 cm at the farthest area. Validation through orthophoto overlay revealed positional deviations influenced by field elevation factors. Overall, the integration of RTK, LoRa, and orthophoto technologies has proven capable of supporting more precise oil palm planting pattern determination, despite limitations in communication range and accuracy in the field being influenced by topographic conditions.

Keywords: Oil Palm Planting Pattern, RTK GNSS, Orthophoto, LoRa, ArduSimple RTK2B

Judul Skripsi

: **PENENTUAN POLA TANAM SAWIT BERBASIS
ARDUSIMPLE RTK2B, GNSS MULTIBAND
ANTENNA DAN ORTHOPHOTO DRONE**

Nama Mahasiswa

: **Muna Fauziah**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2015031001

Program Studi

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19731128 199903 1 005


Mona Arif Muda, S.T., M.T.

NIP. 19711112 200003 1 002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan

Teknik Elektro


Herlinawati, S.T., M.T.

NIP. 19710314 199903 2 001

Ketua Program Studi

Teknik Elektro


Sumadi, S.T., M.T.

NIP. 19731104 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc., Ph.D.**



Sekretaris : **Mona Arif Muda, S.T., M.T.**



Penguji : **Ing. Melvi, S.T., M.T., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **12 September 2025**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.



Lampung, 4 Oktober 2025

Muna Fauziah

NPM 2015031001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Way Petai pada tanggal 10 Mei 2002, sebagai anak bungsu dari tiga bersaudara, dari Bapak Tawan dan Ibu Heni.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 3 Tugusari pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Sumberjaya diselesaikan pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Sumberjaya diselesaikan pada tahun 2020.

Tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi bagian dari Asisten Laboratorium Telekomunikasi dengan memberikan pembimbingan dalam mata kuliah praktikum, juga aktif mengikuti Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) Universitas Lampung sebagai divisi Media Informasi pada periode 2021 dan periode 2022. Penulis juga pernah berpartisipasi dalam berbagai kegiatan akademik, di antaranya lomba Grand Riset Sawit, PKM-RE, PKM-KI, serta *The Indian Ocean Youth Competition on Tsunami Awareness* 2021. Selain itu, penulis mengambil konsentrasi Telekomunikasi dan Teknologi Informasi dan aktif dalam kegiatan akademik pada bidang tersebut. Penulis tertarik dalam bidang teknologi khususnya *Data Analytics* dan Sistem Sinyal. Di luar perkuliahan, penulis memiliki hobi bermain game, menonton, dan mendengarkan musik sebagai cara sederhana untuk menenangkan pikiran. Penulis juga memiliki cita – cita untuk menjelajahi dunia.

MOTTO HIDUP

“Janganlah engkau bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita”

(At -Taubah : 40)

“Maka, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Al-Insyirah: 5-6)

“We're doing good. Let's do better. Just for fun ”

(Cypher)

“If you're not a good shot today, don't worry. There are other ways to be useful ”

(Sova)

“It always seems impossible until it's done”

(Nelson Mandela)

PERSEMBAHAN



Dengan segala syukur bagi Allah SWT atas berkah rahmat dan karunia-Nya, Kupersembahkan skripsi ini dengan rasa syukur, hormat dan kasih sayang

Kepada Abi dan Umi

Atas semua rasa kepercayaan, pengorbanan, dukungan doa dan sabar yang begitu panjang selama ini dalam salah satu proses perjalanan hidup. Terimakasih kepada orang tua terkasih yang sudah menjadi rumah, tempat aku pulang dalam setiap lelahnya perjalanan ini

Dosen Pembimbing dan Dosen

Atas semua dukungan, semangat, motivasi, dan ilmu yang diberikan

Keluarga dan Teman

Terima kasih atas kekeluargaan, do'a, serta dukungan yang selalu mengiringi hingga membuat diri ini tetap berjuang hingga akhir

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur hanya kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang telah memberikan berkah, rahmat, serta karunia-Nya yang tiada terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Pola Tanam Sawit Berbasis ArduSimple RTK2B, Gns Multiband Antenna Dan *Orthophoto Drone*”. Skripsi ini disusun dengan penuh usaha dan perjuangan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dalam proses penyusunannya, penulis mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada :

1. Orangtua yang paling luar biasa didunia, Bapak Tawan dan Ibu Heni. Dengan sabar yang paling luas, dengan dukungan yang paling besar, dengan perhatian dan sayang yang tanpa batas, dengan doa yang selalu melangit untuk anaknya yang tengah berjuang dalam setiap proses hidupnya. Penulis sangat berterimakasih dengan semua pengorbanan kalian dalam bersabar terhadap penulis. Dengan luar biasanya kalian selalu hadir dalam setiap perjuangan penulis, jauh – dekat, fisik – doa, mendengar semua keluh kesah dan air mata anaknya. Bahkan kata terimakasih itu tidak cukup mewakili rasa terimakasih dan syukur yang hadir atas kehadiran orang tua seperti kalian. Dengan segala keterbatasan sebagai manusia dan anak, izinkan penulis sekali lagi berterimakasih dan ucapkan rasa syukur atas kehadiran kalian. Terimakasih Umi dan Abi.
2. Mahdi Muhammad, Hana Azizah, Rina Nisrina dan keluarga besar penulis, yang terus bersabar, menemani, kebersamai, mendukung dengan cara masing-masing yang menjadi penenang dan penguat dalam setiap proses yang dilewati.

3. Bapak Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama atas segala waktu yang telah diluangkan untuk memberikan bimbingan, nasihat, arahan dan juga motivasi membangun yang seperti orangtua lakukan, di kampus bagi penulis.
4. Bapak Mona Arif Muda, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping atas segala waktu yang telah diluangkan untuk memberikan bimbingan, nasihat, arahan dan juga motivasi yang membangun kepada penulis.
5. Ibu Ing. Melvi, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Penguji atas segala waktu yang telah diluangkan untuk memberikan bimbingan, nasihat, arahan dan juga motivasi membangun yang seperti seorang ibu lakukan, di kampus bagi penulis.
6. Bapak Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan dukungan kepada penulis.
7. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
9. Segenap dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama menempuh pendidikan di perkuliahan.
10. Seluruh Angkatan 20, Team Grand Riset Sawit 18 dan 20, Team Rorojonggrang yang selalu menghadirkan kebersamaan, canda, dan tawa dalam dunia perkuliahan dan project yang pernah dilakukan. Dukungan, motivasi, serta kehangatan yang kalian berikan telah membantu penulis melewati berbagai tantangan dan tetap bersemangat hingga akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan.
11. Putri Apriyanti, dan Della Delista yang hadir dalam setiap duka, tawa dan menemani serta merayakan hingga di garis finish. Terima kasih untuk kalian yang telah bersedia meluangkan waktu untuk mendengarkan setiap keluh kesah dan cerita penulis sepanjang proses penyusunan skripsi ini.
12. Terima kasih yang sangat banyak untuk Riandy Harvian, yang selalu hadir dan bersabar menghadapi penulis di setiap waktu, mendengarkan keluh kesah,

tawa, air mata, serta cerita penulis sepanjang proses penyusunan skripsi ini. Kehadiranmu bukan hanya sekadar tempat berbagi, tetapi juga menjadi pengingat bahwa penulis tidak pernah benar-benar sendiri. Dari caramu menenangkan hingga membuat penulis kembali tersenyum, semua itu menjadi alasan untuk tetap melangkah disaat sempat merasa lelah dan membutuhkan istirahat.

13. Seluruh teman – teman offline dan online yang bermakna menemani dikala sepi. Muhammad Qidran Zikri ST. yang membantu dalam membimbing proses akhir skripsi ini. Uweng dan seluruh teman FDP, MST, Warga J yang telah menemani dalam tiap waktu sendirinya .
14. Seluruh teman-teman Telekomunikasi dan Teknologi Informasi 2018-2022 yang telah memberikan dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
15. Terakhir, penulis ingin berterimakasih pada diri sendiri untuk tidak menyerah dengan segala yang telah terjadi. Rasa bangga dan syukur telah berhasil melewati tahun-tahun berat, penulis persembahkan untuk Muna Fauziah. Terimakasih, aku.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat membantu dan memberikan manfaat bagi penulis dan para pembaca.

Bandar Lampung, 4 Oktober 2025

Muna Fauziah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
 BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Tujuan Peneliatan	2
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Hipotesis	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Uraian Teori.....	6
2.2.1 Pola Tanam Sawit	6
2.2.2 <i>Orthophoto</i>	8
2.2.3 <i>Mapping, Rendering</i> , dan Penambahan Titik Digital ...	9
2.2.4 Teknologi GNSS dan RTK	9
2.2.5 Komunikasi Data pada Sistem.....	14
2.2.6 Raspberry Pi 4 Model B	15
2.2.7 LoRa (Long Range) Ebyte e220 – 900T22D.....	16
2.2.8 <i>Buck-Boost Converter</i>	18
2.2.9 Baterai 12V 7.2Ah Panasonic	18
2.2.10 X-Bee Bluetooth Module.....	19
2.2.11 U Center V.22	20
2.2.12 SW Maps	21
2.2.13 ArcGIS	21
2.2.14 Google Earth.....	22
 BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2. Komponen dan Perangkat Lunak	24
3.3. Persiapan Alat dan Bahan.....	25
3.4. Perencanaan Pengujian.....	30
3.5. Uji Coba Keseluruhan Alat	30
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	31
3.7. Pengembangan Sistem.....	32
3.8. Uji Coba Sistem.....	38
3.9. Pemrosesan Penentuan Titik Pola Tanam	39

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1	Hasil Pengujian Sistem.....	45
4.2	Analisis Data	61
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kesimpulan Penelitian	5
Tabel 2.2 Spesifikasi ArduSimple RTK2B.....	11
Tabel 2.3 Spesifikasi Multiband Antenna IP67	13
Tabel 2.4 Spesifikasi Multiband Antenna IP66	14
Tabel 2.5 Spesifikasi Raspberry Pi	16
Tabel 2.6 Spesifikasi LoRa	17
Tabel 2.7 Spesifikasi <i>Buck – Boost Converter</i>	18
Tabel 2.8 Spesifikasi Baterai Panasonic	19
Tabel 2.9 Spesifikasi X-Bee Bluetooth Module	20
Tabel 3.1 Komponen dan Perangkat Lunak pada Perangkat	24
Tabel 3.2 Konfigurasi ArduSimple RTK2B <i>Base</i> di U-Center v.22	32
Tabel 3.3 Konfigurasi Raspberry Pi dan LoRa <i>Base</i>	33
Tabel 3.4 Konfigurasi ArduSimple RTK2B <i>Rover</i> di U-Center v.22.....	35
Tabel 3.5 Konfigurasi Raspberry Pi, X-Bee Bluetooth dan LoRa <i>Rover</i>	36
Tabel 3.6 <i>Integrating</i> Sistem Dengan SW Maps	37
Tabel 4.1 Kinerja LoRa dalam 60 Detik	49
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Titik Pola Kotak	52
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Titik Pola Segitiga	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola Tanam Kotak	7
Gambar 2.2	Pola Tanam Segitiga	7
Gambar 2.3	Pola Tanam Segi Enam	7
Gambar 2.4	Pola Tanam Persegi Panjang	8
Gambar 2.5	<i>Orthophoto</i> Kebun Sawit PT.Perkebunan Nusantara 4 Unit Marihah	9
Gambar 2.6	Ardusimple RTK2B.....	11
Gambar 2.7	<i>Multiband Antenna</i> IP66 U-blox.....	13
Gambar 2.8	<i>Multiband Antenna</i> IP67	14
Gambar 2.9	Raspberry Pi 4 Model B	16
Gambar 2.10	LoRa dan Antenna	17
Gambar 2.11	<i>Buck – Boost Converter</i>	18
Gambar 2.12	Baterai Panasonic	19
Gambar 2.13	X-Bee Bluetooth Module	20
Gambar 2.14	U-Center v22	20
Gambar 2.15	<i>SW Maps</i>	21
Gambar 2.16	ArcGIS	22
Gambar 2.17	Google Earth	23
Gambar 3.1	Tahap Pelaksanaan	25
Gambar 3.2	Rancangan dan <i>Wiring Rover System</i>	27
Gambar 3.3	Rancangan dan <i>Wiring Base System</i>	28
Gambar 3.4	<i>Wiring</i> Raspberry Pi dan LoRa	29
Gambar 3.5	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.6	Google Earth <i>Outlining</i> Lahan	40
Gambar 3.7	Proses Penandaan Titik Pada ArcGIS Mesuji.....	41
Gambar 3.8	Proses Penandaan Titik Lapangan Unila	42
Gambar 3.9	Google Earth Dengan Pola Titik Tanam.....	43
Gambar 3.10	Memasukkan File .geojson ke SWMaps	43

Gambar 3.11	Mengaktifkan Lokasi GNSS Pada Aplikasi	44
Gambar 3.12	Visualisasi Pola Tanam dan Lokasi Pengguna	44
Gambar 4.1	Rancangan Awal Sistem.....	45
Gambar 4.2	Rancangan Akhir Sistem	46
Gambar 4.3	Tampilan Status <i>Rover Fixed Mode</i> Pada Aplikasi U-Blox	48
Gambar 4.4	Hubungan PDR (%) dan Jarak (m).....	50
Gambar 4.5	Hubungan PL (%) dan Jarak (m)	50
Gambar 4.6	Visualisasi Titik yang Diukur Pola Kotak.....	52
Gambar 4.7	Visualisasi Titik yang Diukur Pola Segitiga.....	53
Gambar 4.8	Modus dan Nilai Terendah Galat (cm) Area Pada Pola Tanam Kotak	55
Gambar 4.9	Modus dan Nilai Terendah Galat (cm) Area Pada Pola Tanam Segitiga	55
Gambar 4.10	<i>Overlay</i> Rancangan Pola Tanam Terhadap Google Earth	57
Gambar 4.11	Elevasi Pada Lahan Sawit di PT Bina Sawit Makmur (BSM) Sempoerna Agro	58
Gambar 4.12	Titik Rancangan Pola Tanam Pada Lahan Aktual.....	59
Gambar 4.13	Titik Geotag Pada Lahan Sawit PT Bina Sawit Makmur	59
Gambar 4.13	Titik Rancangan Pada Lahan Sawit PT Bina Sawit Makmur ...	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar belakang

Kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*) di Indonesia pertama kali diperkenalkan pada tahun 1911 dan terus berkembang pesat sejak tahun 1970 serta menjadi salah satu komoditas penting. Data Ditjen Perkebunan, Iklim dan kondisi tanah yang cocok untuk membuat perkebunan kelapa sawit di Indonesia tersebar luas di 22 provinsi. Pada 2015, dengan kelapa sawit perkebunan seluas 11,3 juta hektar, Indonesia memproduksi 37,5 juta ton kelapa sawit yang terdiri dari: 31,3 juta ton minyak sawit mentah (CPO) dan 6,2 juta ton minyak inti sawit (PKO). Produksi minyak sawit mentah (crude palm oil/CPO) Indonesia pada 2021 sebesar 46,88 juta ton dan pada 2020 yang sebesar 47,03 juta ton. Riau menjadi provinsi pengelolaan sawit terbesar dengan luas 2,86 jt hektar, dan produksi 8,86 jt ton [1].

Salah satu tahap penting pada proses produksi sawit adalah penanaman. Pola tanam memegang peranan penting dalam produktivitas kelapa sawit secara keseluruhan. Pola tanam harus memanfaatkan ruang per hektar secara optimal dan pada saat yang sama harus memiliki kepadatan yang optimal yang akan meminimalkan persaingan antar pohon untuk mendapatkan cahaya, serta faktor-faktor lain seperti nutrisi untuk memastikan produktivitas yang tinggi. Kepadatan yang optimal akan mempengaruhi biaya penanaman dan hasil produksi, tergantung pada tren hasil dan luas area dalam kaitannya dengan usia dan lingkungan. Tetapi secara umum, lahan sawit per hektar memiliki kepadatan 158 pohon akan memberikan peningkatan hasil kumulatif atau keuntungan sebesar 1% dalam kondisi apapun dipertimbangkan [2]. Oleh karena itu, penentuan pola tanam akan sangat berpengaruh pada hasil produksi.

Dalam praktiknya saat ini petani masih menggunakan cara tradisional dalam menentukan pola tanam sawit meskipun biasanya dalam proses pelubangan nantinya tetap akan menggunakan bantuan alat berat. Petani menggunakan alat-alat sederhana seperti kayu, meteran, dan tali untuk membuat pola tanam sesuai dengan kebutuhan dan referensi yang digunakan. Tali akan ditandai dengan ukuran tertentu, kemudian diikatkan pada patok kayu di ujung masing masing lahan untuk membuat garis lurus. Setelah itu cara yang sama digunakan untuk arah tegak lurus sehingga nanti akan ada perpotongan antar tali yang menandakan posisi penanaman [3].

Sebagai pengaruh dan pemanfaatan teknologi saat ini, peneliti merumuskan rancangan penelitian sebagai solusi untuk membantu penentuan pola penanaman pada perkebunan sawit. Menggunakan perangkat GPS/GNSS *Tracking*, *Ardusimple RTK2B* yang memungkinkan pengukuran koordinat peta dengan keakurasian tinggi (error akurasi <10 cm). Perangkat akan diintegrasikan dengan *smartphone* untuk meningkatkan akurasi dari posisi petani dan aplikasi khusus yang bisa dibawa saat akan menentukan pola tanam sawit. Alat akan memberikan arahan penunjuk arah untuk setiap koordinat tempat tanam. Metode ini diharapkan dapat lebih mengefisiensi waktu dan bahan-bahan pendukung yang sebelumnya digunakan pada sistem tradisional.

1.2.Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan solusi dalam meningkatkan efisiensi dalam penentuan pola penanaman sawit sesuai kebutuhan dan anjuran.
2. Memberikan report terhadap hasil penanaman dengan bantuan sistem yang dibentuk sebagai bahan evaluasi dan perbaiki sistem.

1.3. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Cara tradisional dalam menentukan pola tanam sawit akan memakan waktu lebih lama, SDM yang lebih banyak, dan modal yang lebih besar.
2. Diperlukannya penerapan teknologi yang mumpuni untuk ikut terlibat dalam perkembangan revolusi industri saat ini.

1.4. Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat pendeteksi lokasi yang digunakan pada sistem merupakan ArduSimple RTK2B, GNSS *Multiband Antenna* IP66 dan IP 67, Raspberry Pi 4, dan LoRa
2. Variabel yang diukur pada penelitian adalah jarak dari pola tanam kelapa sawit yang dihasilkan oleh alat.
3. Berfokus pada perancangan sistem penentuan pola tanam kelapa sawit
4. Perangkat akan diuji di sekitar Laboratorium Terpadu Teknik Elektro dan di lapangan Universitas Lampung
5. Hanya membahas hingga operasional *prototype* dari perangkat.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian adalah menghasilkan *system* yang dapat membantu menentukan pola tanam kelapa sawit tanpa perlu melakukan penandaan secara manual. Sistem ini juga dirancang agar dapat terintegrasi dengan aplikasi android yang sudah tersedia sebagai *display* secara digital untuk pola tanam sawit yang digunakan

1.6. Hipotesis

Pada penelitian ini, menggunakan ArduSimple RTK2B dan GNSS *Multiband Antenna* IP66 dan IP67 akan meningkatkan presisi lokasi dari *mobile device* yang digunakan petani sehingga galat yang kemungkinan dihasilkan alat dalam lokasi penanaman menjadi <10cm. Sistem dapat menampilkan pola tanam yang digunakan dan juga lokasi petani pada *mobile device* yang kemudian petani bisa melakukan penanaman tanpa perlu menandai secara manual menggunakan tali pada lokasi tanam kelapa sawit.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penulisan laporan kerja praktik ini adalah:

I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan pada penelitian ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai penelitian sebelumnya pada tinjauan pustaka, dan dasar-dasar teori dari penelitian Penentuan Pola Tanam Sawit Berbasis ArduSimple Rtk2b, Gns Multiband Antenna Dan *Orthophoto Drone*

III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai waktu dan tempat penelitian, komponen dan perangkat lunak, rancangan dan Pembangunan sistem untuk bekerja.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai pengujian sistem yang dirancang serta menganalisis hasil yang dijabarkan didalamnya. Pengujian mencakup aspek akurasi posisi dan keandalan dalam komunikasi.

V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran yang terkait pada penelitian

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisikan referensi dari penulisan dan pelaksanaan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Raden Gumilar, berjudul “Analisis Ketelitian Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan *Real Time Kinematic Global Navigation Satellite System*” yang dilakukan di daerah Sumedang, Bandung. Penelitian berfokus pada pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS RTK, dan menunjukkan galat yang rendah. Penelitian ini menunjukkan relevansi penggunaan GNSS RTK untuk diterapkan pada penelitian ini [4].

Penelitian yang dilakukan oleh Nur Aini, Aimrun W, dkk. berjudul “*Auto Guided Oil Palm Planter by using multi-GNSS*” melakukan penandanaan titik pola tanam kelapa sawit menggunakan sistem yang disediakan JAVAD[5]. JAVAD merupakan perusahaan teknologi yang biasa dikenal dalam menghasilkan *hardware* seperti antena dan penerima GPS (*Global Positioning System*), pada penelitian ini digunakan JAVAD *GrAnt Antenna* dengan JAVAD *Sigma Receiver* sebagai penerima posisi dari alat. Penelitian membandingkan hasil yang diberikan dari Multi-GNSS dan GPS yang digunakan untuk penandaan titik pola tanam sawit, dengan kesimpulan penelitian ini pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kesimpulan Penelitian

	Multi-GNSS	GPS
Number of satellite	13-14	5-6
Standard deviation (m)	0.715	1.103
Average offline distance (m)	0.995	0.538
Time taken (minutes)	290	315

Dengan dekatnya keterkaitan penelitian yang dilakukan Nur Aini, dkk. menjadikannya penelitian terdahulu, dengan perubahan pada penerapan alat yang digunakan menjadi ArduSimple RTK2B untuk harga yang lebih *low-cost* dan *open*

source yang mempermudah jika ada perubahan dalam penerapannya, dengan hasil yang sama atau lebih baik.

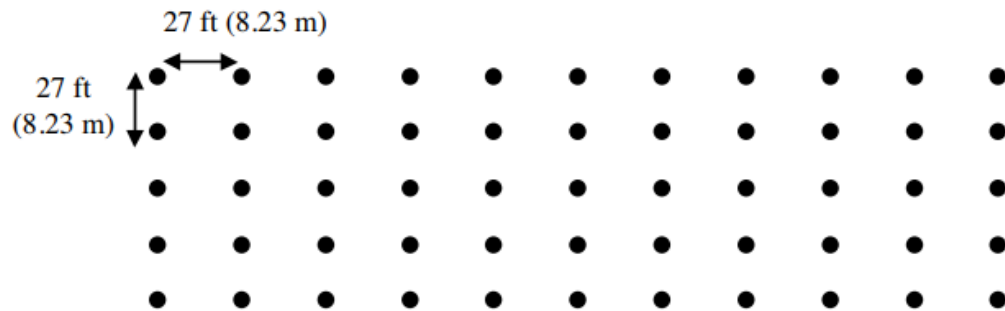
2.2 Uraian Teori

2.2.1 Pola Tanam Sawit

Ada banyak faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kelapa sawit dan hasil panennya, antara lain kerapatan tanam. Kerapatan tanam dipengaruhi oleh pola penanaman di awal proses penanaman. Pola penanaman memiliki peran penting dalam hasil keseluruhan dari produksi kelapa sawit, sehingga sangat diperlukan pola yang optimal dalam penggunaan ruang setiap hektarnya dan juga tetap memperhitungkan dari segi ekonomi sehingga biaya dalam produksi dapat menjadi lebih ringan.

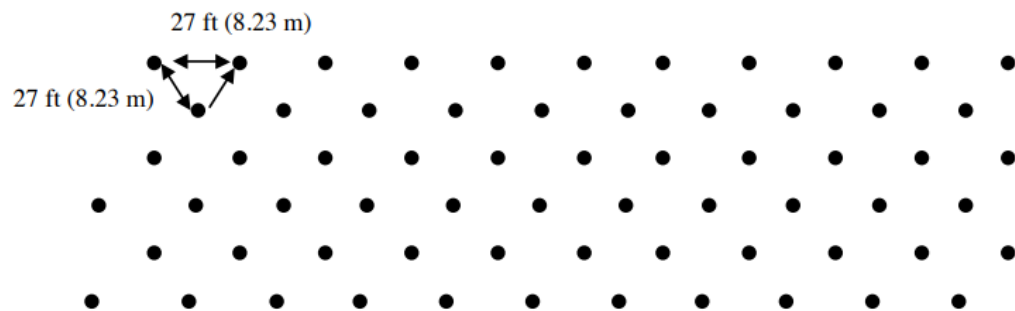
Pada umumnya kelapa sawit dapat ditanam dengan beberapa pola. Pemilihan pola didasarkan pada kondisi lahan, kondisi lingkungan, dan luasan lahan. Faktor serta penggunaan mesin berat untuk proses produksi juga mengharuskan pola tanam memiliki jarak yang cukup untuk transportasi mesin. Dikutip dari jurnal penelitian '*Development of A Mechanization Selection System for Oil Palm Plantations with Alternative Planting Patterns*' oleh Helena Anusia James dan Desa Ahmad Jayaselan [6], berdasarkan efektifitas standar maka ada beberapa pola penanaman sawit yang direkomendasikan. Gambar 2.1 – 2.4 menunjukkan ukuran tanam dan pola tanam yang direkomendasikan.

1. Pola tanam kotak (*square plant pattern*) dimana bibit dibuat sejajar membentuk persegi dengan ukuran sisi 27 ft atau 8.23 m. Gambar 1 menunjukkan pola penanamannya.



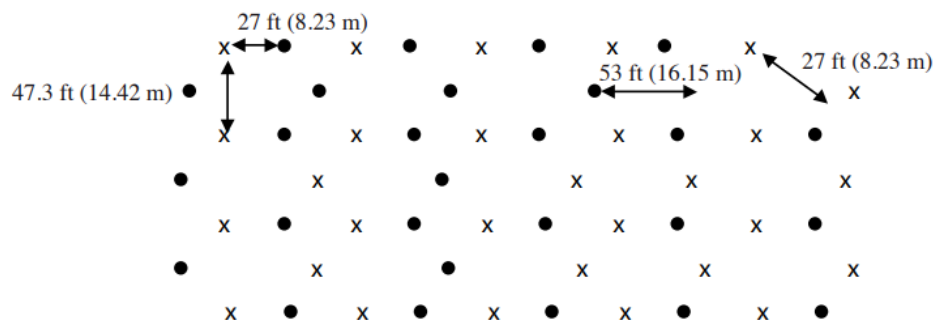
Gambar 2.1 Pola Tanam Kotak

2. Pola tanam segitiga (*triangular plant pattern*) dimana bibit dibuat membentuk segitiga sama sisi dengan ukuran sisi 27 ft atau 8.23 m. Gambar 2 menunjukkan pola penanamannya



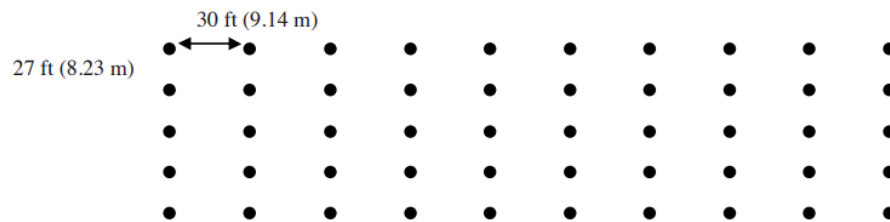
Gambar 2.2 Pola Tanam Segitiga

3. Pola tanam segi enam (*hexagonal plant pattern*) dimana bibit dibuat membentuk segi enam sama sisi dengan ukuran sisi 27 ft atau 8.23 m dan diameter 53 ft atau 16.15 m. Gambar 3 menunjukkan pola penanamannya.



Gambar 2.3 Pola Tanam Segi Enam

4. Pola tanam persegi panjang (*rectangular plant pattern*) dimana bibit dibuat sejajar membentuk persegi panjang dengan ukuran sisi lebar 27 ft atau 8.23 m dan sisi panjang 30 ft atau 9.14 m. Gambar 4 menunjukkan pola penanamannya.



Gambar 2.4 Pola Tanam Persegi Panjang

2.2.2 Orthophoto

Orthophoto merupakan sebuah jenis peta fotografi, yang menghasilkan pengukuran menyerupai peta-standar yang merupakan bagian pada bidang fotogrametri yang secara umum sering dilakukan oleh *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) atau pesawat tanpa awak. Dengan adanya fotogrametri memungkinkan untuk mendapatkan peta yang mengandung informasi secara kompleks mulai dari kondisi lahan, kondisi tanaman, bahkan hingga ke bentuk 3D kebun atau kota. *Orthophoto* yang dihasilkan pun mampu disandingkan dengan peta lain yang memiliki unsur seperti perkotaan atau bahkan teknis lainnya yakni bendungan, jaringan listrik, jaringan televisi kabel, proyek konstruksi, jalan, dll [7].

Menurut Pitri dalam jurnalnya yang berjudul ‘Interpretasi Data Citra Geospatial UAV *Orthophotos* untuk *Monitoring* Lahan Kelapa Sawit[8]. pemantauan lahan kelapa sawit dapat dilakukan dengan menggunakan UAV dan mengambil gambar *Orthophoto* kelapa sawit sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap lahan produksi untuk mengurangi hal - hal yang tidak diinginkan terjadi. Gambar 2.5 menunjukkan contoh hasil *Orthophoto* yang didapatkan oleh Deni dengan menggunakan DJI Phantom 3 pada PT. Perkebunan Nusantara 4 unit Marihat.



Gambar 2.5 *Orthophoto* Kebun Sawit PT.Perkebunan Nusantara 4 Unit Marihat

2.2.3 *Mapping, Rendering, dan Penambahan Titik Digital*

Mapping merupakan proses pemetaan yang biasa digunakan untuk memetakan sebuah lokasi sesuai dengan komponen geografisnya. *Mapping* bisa dilakukan dengan cara paling efektif adalah menggunakan UAV untuk mengambil foto udara. Dalam penelitian ini menggunakan DJI Phantom 4 yang merupakan *drone* produksi DJI dengan ketangguhan dan kamera untuk proses *mapping*. Proses penyatuan foto-foto tersebut disebut *rendering*. Google earth menjadi *software* yang akan dipilih untuk visualisasi dari hasil olah foto udara yang direkam menggunakan UAV/Drone [9].

Titik – titik pola tanam kelapa sawit digital akan ditambahkan kepada hasil *mapping* area menggunakan Arcgis yang kemudian akan ditampilkan pada aplikasi SW Maps, yang akan divalidasi berdasarkan hasil pengukuran teknologi RTK untuk memastikan akurasi posisi titik tanam. Dalam prosesnya dilakukan dengan mengukur jarak antar titik pola tanam, yang dihasilkan oleh GNSS RTK untuk mengevaluasi akurasi pola tanam yang dihasilkan.

2.2.4 Teknologi GNSS dan RTK

2.2.4.1 GNSS, RTK, dan RTCM

Menurut buku “*Understanding GPS: Principles and Applications, Second Edition*” yang ditulis oleh Elliott D.Kaplan dan Christopher Hegarty [10],

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan sistem satelit yang memberikan informasi posisi, navigasi, waktu (PNT – *Positioning, Navigation and Timing*) kepada penggunanya. Satelit yang dicakup pada konstelasi GNSS diantaranya ada ; GPS (Amerika Serikat), GLONASS (Rusia), Galileo (Uni Eropa), BeiDou (Tiongkok), QZSS (Jepang, regional), NavIC (India, regional). Dengan semakin banyak satelit yang digunakan, maka akan semakin akurat data yang di hasilkan dalam menentukan posisi, sesuai dengan tujuan penelitian untuk meningkatkan akurasi *rover*, dan meminimalkan kesalahan posisi dalam penentuan pola tanam [11].

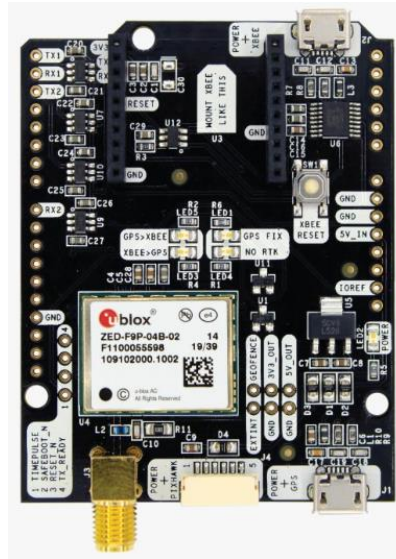
RTK (*Real-Time Kinematic*) merupakan teknik peningkatan akurasi GNSS, yang pada dasarnya mengkoreksi posisi dari *rover* dalam interval waktu tertentu secara *real-time*, menggunakan stasiun referensi (*base*) dengan akurasi tingkat tinggi hingga hitungan *centimeter*. Dengan cara kerja *base station* akan mengkoreksi kesalahan sinyal GNSS dan *rover* akan menerima sinyal koreksi untuk peningkatan akurasi posisi, yang dikirim melalui LoRa dalam format RTCM [12].

RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*) merupakan protokol yang digunakan GNSS untuk pengkoreksian data dari *base station* ke *rover*. Dimana data koreksi ini meningkatkan tingkat akurasi dari *rover*. Dalam penelitian ini RTCM digunakan oleh *base* yang kemudian data di komunikasikan melalui Raspberry Pi dan LoRa secara nirkabel [13], dengan format yang dikirim merupakan output dari GNSS yakni, NMEA(*National Marine Electronics Association*)

2.2.4.2 Ardusimple RTK2B

Ardusimple mengeluarkan produk RTK (*Real Time Kinematic*) 2B yang merupakan teknologi pemosisian global yang digunakan untuk mendapatkan lokasi presisi dengan menggunakan *system* GNSS (*Global*

Navigation Satellite System) yang pada penelitian ini ialah *Multiband Antenna* IP66 dan IP67. ArduSimple RTK2B memungkinkan untuk memperoleh data posisi dalam *real-time* dengan galat $<10\text{cm}$, yang dalam penggunaannya pada system yang dikembangkan ini sebagai *base* dan *rover* [14].



Gambar 2.6 ArduSimple RTK2B

ArduSimple RTK2B yang dijadikan *base* akan diletakkan secara *temporary* pada posisi tertentu, untuk menjadi acuan utama pada ArduSimple RTK2B yang menjadi *rover*. *Rover* ini menjadi bagian dari alat yang bergerak bersama dengan petani pada saat melakukan penandaan titik penanaman kelapa sawit, sesuai dengan pola yang sudah ditentukan. Spesifikasi yang dimiliki oleh ArduSimple RTK2B ini antara lain dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi ArduSimple RTK2B

<i>Operation Voltage</i>	5V
<i>Output</i>	USB, UART, XBee
<i>Accuracy</i>	$<1\text{cm}$ with base station up to 35km $<1\text{cm}$ with NTRIP up to 35km $<4\text{cm}$ with SSR corrections (PPP-RTK) $<1.5\text{m}$ in standalone mode $<0.9\text{m}$ standalone with SBAS coverage

<i>Response Time</i>	<i>First position fix: 25 seconds (cold), 2 seconds (hot) First RTK fix: 35 seconds (cold)</i>
<i>Operation Temperature</i>	-40 to +85°C
<i>Dimension</i>	69*53 mm
<i>Features</i>	1. Centimeter level precision - o <1cm with a base station up to 35km - o <1cm with NTRIP up to 35km - o <4cm with SSR corrections (PPP-RTK) - o <1.5m in standalone mode - o <0.9m standalone with SBAS coverage 2. Based on u-blox ZED-F9P module 3. Fully compatible with Arduino, STM32 Nucleo boards and Pixhawk autopilots 4. Multiple radio link options 5. Configuration flexibility: standalone, standalone with NTRIP, base-rover, base-multi rover, RTK moving base 6. RAW GNSS measurements

2.2.4.3 GNSS Multiband Antenna IP66 dan IP67

GNSS Multiband Antenna IP66 dan IP67 bisa diintegrasikan dengan ArduSimple RTK2B sebagai antenna pemancar yang merupakan teknologi pemosisian global yang digunakan untuk mendapatkan lokasi presisi dengan menggunakan system GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

1. ArduSimple RTK2B yang dalam penggunaannya pada system yang dikembangkan ini sebagai *base* dan *rover*, dimana pada *base* menggunakan *Multiband Antenna* IP66 U-blox selain dikarenakan ketahanannya terhadap debu, antenna ini juga tahan dengan air yang lebih baik daripada *Multiband Antenna* IP67, dimana antenna ini memungkinkan untuk terkena air secara langsung ataupun terendam sehingga cocok untuk dijadikan antenna dari arduSimple RTK2B *base* yang mungkin untuk mengalami berbagai macam cuaca *extreme* di lapangan [15].



Gambar 2.7 *Multiband Antenna IP66 U-blox*

Adapun spesifikasi dari *multiband antenna IP66 u-blox* ada pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Spesifikasi *Multiband Antenna IP66*

<i>Operation Voltage</i>	3~5V
<i>Operation & Storage Temperature</i>	-40°C~+85°C
<i>Weight</i>	173g
<i>Dimension</i>	82 *82 mm
<i>Cable Maximum Length</i>	5m
<i>Features</i>	1. <i>High Accuracy</i> 2. <i>Low Power Usage</i> 3. <i>Water and Dust Resistance</i>

2. Pada ArduSimple RTK2B yang digunakan sebagai *rover* akan menggunakan *multiband antenna IP67* dengan kemampuannya yang mempunyai sebagai *antenna rover* pada arduSimple RTK2B, dengan kemampuannya yang tahan terhadap debu dan percikan air dari sudut vertikal dan ukuran yang kecil untuk dibawa kemana-mana sebagai *rover* [16].



Gambar 2.8 *Multiband Antenna IP67*

Adapun spesifikasi dari *multiband antenna IP67* ada pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Spesifikasi *Multiband Antenna IP67*

<i>Operation Voltage</i>	3~5.5V
<i>Operation & Storage Temperature</i>	-40°C~+85°C
<i>Weight</i>	173g
<i>Dimension</i>	155 *65 mm
<i>Cable Maximum Length</i>	2.5m
<i>Features</i>	1. <i>High Accuracy</i> 2. <i>Low Power Usage</i> 3. <i>Water and Dust Resistance</i> 4. <i>Small Dimension</i>

2.2.5 Komunikasi Data pada Sistem

2.2.5.1 Baudrate

Baudrate menunjukkan kecepatan transmisi data dalam tiap detiknya. Dalam komunikasi LoRa dan RaspberryPi ke GNSS *baudrate* berfungsi untuk menyesuaikan kecepatan transmisi data dari *rover* ke *base* dan sebaliknya. *Baudrate* diharapkan cukup untuk pengiriman data koreksi

secara *real time*, namun tidak juga terlalu tinggi sehingga beresiko data memiliki banyak *noise* [17].

2.2.5.2 UART

UART (*Universal Asynchronous Reciever/Transmitter*) merupakan bagian perangkat keras seperti *branch component* untuk perantara komunikasi yang mengubah data paralel (yang berasal pada perangkat keras) menjadi serial (pada jalur komunikasi), begitupun sebaliknya [18].

2.2.6 Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 Model B adalah *Single Board Computer* (SBC) generasi keempat yang pada umumnya digunakan untuk aplikasi pemrograman, IoT dan lain sebagainya. Raspberry Pi memiliki peran sebagai modul untuk mengkomunikasikan GNSS RTK2B *base* dan *rover*. Memiliki sistem komunikasi seperti UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*), I2C, SPI dan Ethernet, sehingga memungkinkan untuk berintegrasi dengan modul GNSS dan LoRa melalui Raspberry Pi ini. Raspberry Pi digunakan untuk membaca dan mengirim data koreksi dari GNSS *base* ke *rover*. Dengan keunggulan utama, ialah Raspberry Pi mendukung *connectivity* LoRa untuk komunikasi jarak jauh dengan daya rendah, sehingga penggunaan Raspberry Pi menjadi modul penting dalam jadi modul penting dalam *system* yang dibangun [19].



Gambar 2.9 Raspberry Pi 4 Model B

Adapun spesifikasi dari Raspberry Pi 4 Model B ada pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B

Prosesor	Broadcom BCM2711, Quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC, 1.5GHz
Memori	4GB LPDDR4-3200 SDRAM
Konektivitas	Gigabit Ethernet, 802.11ac Wi-Fi, Bluetooth 5.0
Pin Input/Output	Hingga 34 GPIO pins
Port USB	2x USB 3.0, 2x USB 2.0
Antarmuka Komunikasi	GPIO (40-pin header), UART, SPI, I2C, PWM, I2S
Penyimpanan	MicroSD Card Slot, USB Boot
Tegangan Operasi	5V via USB-C, 5V GPIO Header
Konsumsi Daya	Sekitar 600 mA–3.0 A tergantung perangkat terhubung
Ukuran	51mm x 26mm
Sistem Operasi yang Didukung	Raspberry Pi OS, Ubuntu, Debian, Windows IoT Core, dan lainnya

2.2.7 LoRa (Long Range) Ebyte e220 – 900T22D

Modul *LoRa Ebyte e220 – 900T22D* merupakan *transceiver* yang dirancang untuk komunikasi jarak jauh dengan penggunaan daya rendah, yang kompatibel untuk komunikasi antar *base – rover* secara efisien dalam sistem RTK. Modul ini memungkinkan komunikasi antar *base station* ke *rover* tanpa perlu komunikasi tambahan seperti *wi-fi*, atau seluler, sehingga penggunaannya lebih efisien [20].

Dalam penelitian ini, LoRa digunakan sebagai modul komunikasi untuk menghubungkan *base* dan *rover* dalam sistem RTK. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan LoRa dalam mempertahankan reliabilitas komunikasi data dalam rentang jarak 10–100 meter. Tujuan pengujian ini adalah menilai performa transmisi data berdasarkan tingkat *Packet Loss (PL)*, sebagai indikator keberhasilan pengiriman data koreksi dari *base* ke *rover*. Berdasarkan penelitian Qingjie Guo, dkk yang berjudul “*Experimental Evaluation of the Packet Reception Performance of LoRa*” indikator keberhasilan pengiriman data pada LoRa ialah menghasilkan $PL < 20\%$, sebelum dikatakan data sudah tidak *reliable* [21].



Gambar 2.10 LoRa dan Antenna

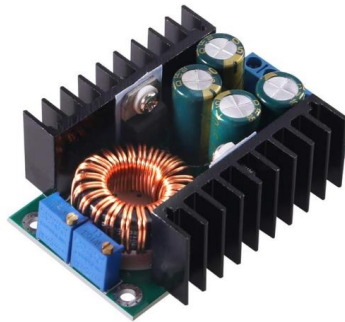
Adapun spesifikasi dari LoRa dan Antenna ada pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Spesifikasi LoRa

Frekuensi Operasi	410 MHz – 441 MHz (ideal di 433 MHz)
Modulasi	LoRa spread spectrum
Sensitivitas	-129 dBm
Daya Output	Hingga 22 dBm (sekitar 158 mW)
Kecepatan Baudrate	1200–115200 bps
Supply Voltage	3.3V – 5.2V
Konsumsi Daya (Rx Mode)	~120 mA
Konsumsi Daya (Tx Mode)	~20 mA, Sleep: < 5 μ A
Jarak Komunikasi	Hingga 5 km (LOS, tergantung kondisi lingkungan)
Antarmuka	UART (Default) + mendukung konfigurasi via UART AT Command
Fitur Tambahan	Error Correction, Data Encryption, Config Mode

2.2.8 Buck-Boost Converter

Buck – Boost Converter merupakan modul yang mengkonversi tegangan DC ke DC yang mampu menaikkan (*boost*) ataupun diturunkan (*buck*) tegangan input sesuai yang dibutuhkan pada Raspberry pi yang digunakan (5V). Dengan dilengkapi fitur *adjustable output* modul ini berperan sebagai penyuplai daya stabil ke modul yang digunakan agar bekerja secara optimal.



Gambar 2.11 Buck – Boost Converter

Adapun spesifikasi dari *Buck – Boost Converter* ada pada Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Spesifikasi *Buck – Boost Converter*

<i>Input Voltage</i>	3.5V – 30V
<i>Output Voltage</i>	1.25V – 30V (adjustable via potentiometer)
<i>Output Current Maks</i>	3A (continuous), 4A (max burst)
Efisiensi	Hingga 85–90%
Proteksi	<i>Over Current, Over Temperature, Short Circuit</i>
Dimensi	48 mm × 25 mm × 14 mm
Tegangan Operasi	DC only, tidak support AC input

2.2.9 Baterai 12V 7.2Ah Panasonic

Baterai ini umum digunakan untuk daya perangkat, sistem UPS (*Uninterruptible Power Supply*), alarm dan lainnya, hingga menjadi modul yang kompatibel pada sistem ini [22]. Memiliki fungsi sebagai sumber daya utama pada sistem, baterai akan menyuplai tegangan 12V DC ke *buck boost converter* yang akan diturunkan agar sesuai kebutuhan raspberry pi 4 yakni 5V.



Gambar 2.12 Baterai Panasonic

Adapun spesifikasi dari Baterai Panasonic ada pada Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Spesifikasi Baterai Panasonic

Jenis	<i>Sealed Lead Acid (SLA)</i>
Tegangan Nominal	12 Volt
Kapasitas	7Ah
Dimensi	$\pm 151 \text{ mm} \times 65 \text{ mm} \times 94 \text{ mm}$
Berat	$\pm 2.05 \text{ kg}$
Rentang Suhu Pengoperasian	-15°C sampai $+50^{\circ}\text{C}$
Tipe Pengisian	<i>Constant Voltage Charge</i>
Tegangan Pengisian (<i>Standby Use</i>)	13.5–13.8 V
Tegangan Pengisian (<i>Cycle Use</i>)	14.4–15.0 V
Arus Pengisian Maksimum	2.1 A (<i>recommended max</i>)
Tipe Aplikasi	UPS, Alarm, Portable Power
Fitur	<i>Maintenance-free, Spill-proof</i>

2.2.10 X-Bee Bluetooth Module

X-Bee Bluetooth merupakan modul yang menyediakan kemampuan berkomunikasi jarak dekat [23]. Modul ini digunakan untuk menghubungkan android pengguna dengan sistem *rover*. Modul diletakkan pada arduosimple RTK2b dengan *pin male to female*, dengan konsumsi daya rendah, modul ini bisa terhubung dengan perangkat android dan SW Maps dengan komunikasi yang stabil untuk jarak yang dekat



Gambar 2.13 X-Bee Bluetooth Module

Adapun spesifikasi dari X-Bee Bluetooth Module ada pada Tabel 2.9 berikut.

Tabel 2.9 Spesifikasi X-Bee Bluetooth Module

Frekuensi Operasi	2.4 GHz
Modulasi	Bluetooth 2.0, 3.0, dan 4.0
Daya Output	-6 dBm hingga 4 dBm
Kecepatan Baudrate	Hingga 115200 bps
Supply Voltage	2.1V – 3.6V
Konsumsi Daya	~50 mA (<i>Transmit</i>), ~30 mA (<i>Receive</i>)
Jarak Komunikasi	Hingga 100 m (tergantung kondisi lingkungan)
Antarmuka	UART

2.2.11 U Center V.22

U-Center adalah aplikasi yang disediakan oleh u-blox yang digunakan untuk mengkonfigurasi, memantau, dan mengelola perangkat GNSS, termasuk penerima GNSS RTK (*Real-Time Kinematic*) 2B yang dipakai pada system ini [24].



Gambar 2.14 U-Center v22

Aplikasi ini memungkinkan untuk berinteraksi dengan perangkat GNSS. Dengan kemampuannya untuk mengkonfigurasi perangkat GNSS yang dipakai oleh pengguna, pemantauan posisi dan lokasi secara *real-time* dengan akurasi tinggi yang umumnya digunakan pada RTK, disini bisa terlihat kordinat, satelit yang digunakan, dan lainnya. *Logging data*, karena dengan aplikasi ini bisa terekam data GNSS validasi performa RTK, dan mengelola koreksi (apakah perangkat sudah menerima lokasi dengan benar)

2.2.12 SW Maps

Sw Maps merupakan aplikasi mobile gratis untuk pengumpulan, penyajian, dan berbagi informasi geografis yang menggunakan sistem informasi geografis/GIS (*Geographic Information System*) yang disediakan di *playstore* dengan fitur tambahan untuk mengubah sambungan antenna yang digunakan secara langsung.



Gambar 2.10 *SW Maps*

Penggunaan aplikasi *SW Maps* pada system ini sebagai pendukung dalam penggunaan *Ardusimple* dan *Multiband antenna* saat menjadi *rover*. Dengan kemampuannya membaca dan menampilkan *orthophoto* dan juga pola tanam yang dibentuk oleh *Arcgis* dan mengubah antenna yang digunakan android (dalam penelitian ini menggunakan *multiband antenna* IP66) menjadi alasan penggunaannya

2.2.13 ArcGIS

ArcGIS merupakan perangkat lunak sistem informasi geografis (GIS) yang digunakan untuk mengolah, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial. Perangkat lunak ini menyediakan berbagai fitur untuk pemetaan, pemrosesan

data geografis, dan lain sebagainya. ArcGIS memiliki beberapa versi, termasuk ArcGIS desktop dan ArcGIS online, namun pada penelitian ini menggunakan versi desktop.



Gambar 2.16 ArcGIS

Pada penelitian ini, ArcGIS digunakan untuk menentukan pola titik tanam serta jumlah titik penanaman kelapa sawit berdasarkan hasil olah data dari lahan *orthophoto*. Dengan kemampuannya dalam mengolah *orthophoto* dari *drone*, ArcGIS dapat membantu dalam penentuan lokasi tanam yang optimal sesuai dengan kondisi lahan. Data yang telah diproses kemudian dapat diekspor (.json) dan digunakan dalam aplikasi lain seperti SW Maps untuk keperluan visualisasi serta navigasi di lapangan

2.2.14 Google Earth

Google Earth merupakan *software* yang digunakan untuk menampilkan citra satelit, peta, serta berbagai data geografis dalam tampilan tiga dimensi. Dalam penelitian ini, Google Earth digunakan sebagai alat bantu untuk menampilkan *orthophoto* hasil pemrosesan serta titik-titik penanaman yang telah ditentukan melalui ArcGIS.



Gambar 2.17 Google Earth

Google Earth memudahkan dalam memberikan visualisasi pada titik pola tanam yang sudah di buat. Data ArcGIS, yakni titik koordinat hasil penentuan titik pola tanam, dapat diekspor dalam format yang sesuai dengan Google Earth (.KML/.KMZ), sehingga lebih mudah untuk melihat hasil titik penandaan sebelum unggah ke SW Maps.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dari tugas akhir ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2024 – Agustus 2025 di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro Univeritas Lampung.

3.2. Komponen dan Perangkat Lunak

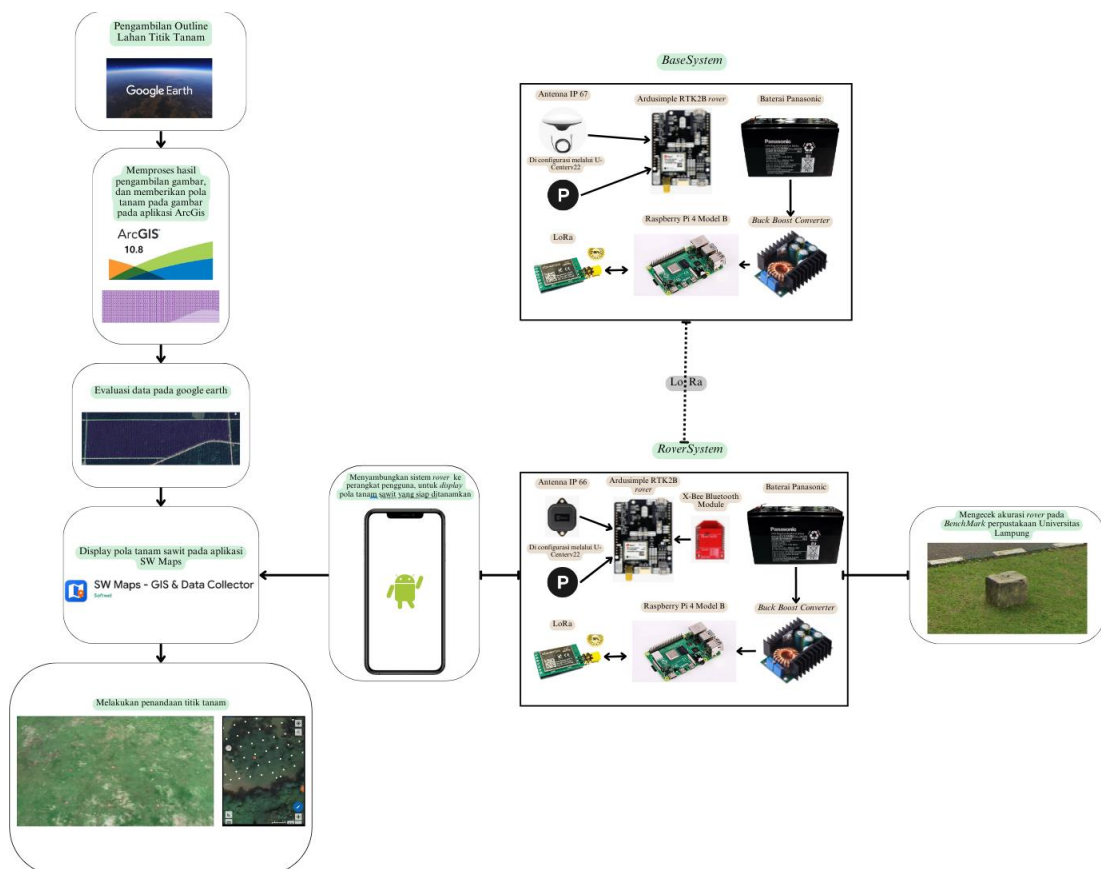
Dalam penelitian tugas akhir ini, terdapat komponen dan perangkat lunak yang digunakan seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Komponen dan Perangkat Lunak pada Perangkat

No.	Nama Komponen dan Perangkat Lunak	Keterangan Penggunaan
1.	Ardusimple RTK2B	Sebagai penerima GNSS yang bekerja pada <i>base station</i> dan <i>rover</i> dari sistem
2.	GNS Multiband Antenna IP66	Sebagai antenna yang digunakan dalam kondisi <i>rover</i>
3.	GNS Multiband Antenna IP67	Sebagai antenna yang digunakan dalam kondisi <i>base</i>
4.	U-Center V22	Perangkat lunak untuk kalibrasi dan monitoring alat
5.	Raspberry Pi 4 Model B	Sebagai <i>microcomputer</i> yang bekerja pada <i>base station</i> untuk menerima dan mengirim data GNSS serta penerima data koreksi pada <i>rover</i>
6.	LoRa Ebyte E220-900T22D	Sebagai perangkat yang digunakan untuk saling berkomunikasi dalam mengkoreksi posisi <i>rover</i>
7.	<i>Buck-Boost Converter</i>	Sebagai modul penurun tegangan dari 12V ke 5V untuk menyuplai daya Raspberry Pi dan modul lain
8.	Baterai 12V 7Ah Panasonic	Sebagai sumber daya utama sistem
9.	SW Maps	Sebagai perangkat lunak yang berfungsi sebagai <i>display orthophoto</i> , pola tanam, dan pengaturan antenna yang digunakan kondisi <i>rover</i>
10.	Google Earth Pro	Software untuk pengamatan, <i>overlay orthophoto</i> , dan visualisasi pola tanam dari Arcgis
11.	ArcGIS	Software untuk pembuatan pola tanam

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

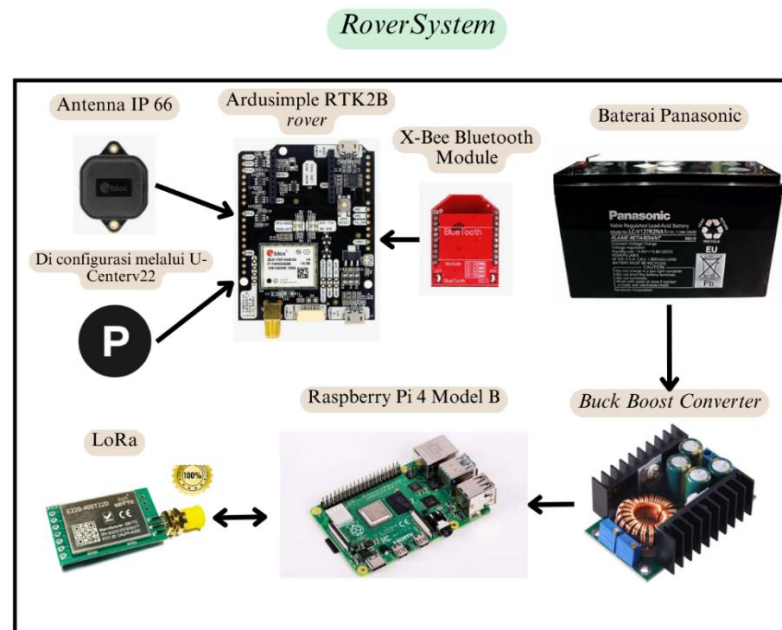
Dalam melakukan pengembangan *system* ini, maka diperlukan *orthophoto* lahan sawit, pola tanam yang diinginkan, dan GNSS yang akurat. Oleh karena itu, penelitian ini merancang sebuah perangkat yang dapat menampilkan pola tanam sawit yang sudah di bentuk oleh Arcgis diatas *orthophoto* lahan kemudian diletakkan di *SW Maps* lalu perangkat akan dibagi menjadi dua fungsi yang berbeda namun berkaitan; dimana pertama menjadi *base* sebagai peningkatan akurasi dan menjadi titik patok untuk alat *rover* yang memiliki fungsi sebagai penunjuk dari lokasi titik pola tanam yang akurat, tanpa perlu melibatkan pengukuran manual lagi dalam penitikan penanaman



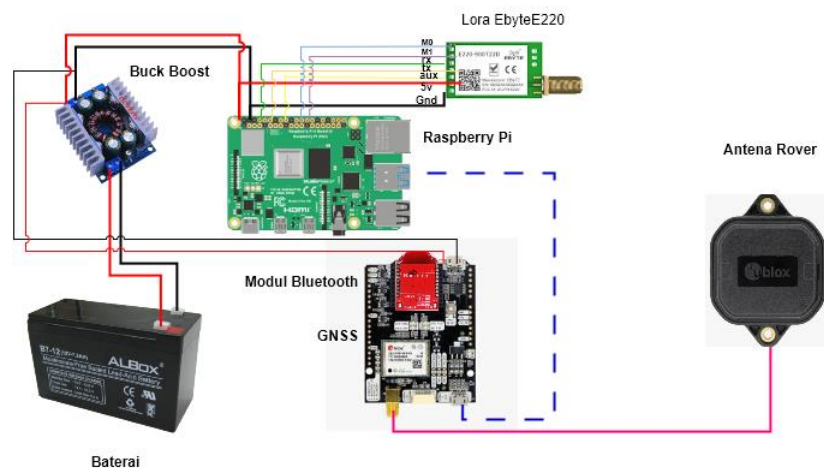
Gambar 3.1 Tahap Pelaksanaan

Seperti pada Gambar 3.1 bahwa sistem terdiri dari *base station* dan *rover*, dengan keduanya menggunakan modul Ardusimple RTK2B yang dikonfigurasi melalui U Center v.22, Raspberry Pi 4 memiliki *power supply* dari baterai yang diturunkan

dari 12V menjadi 5V menggunakan *buck boost converter*, *Multiband Antenna* IP66 dan IP67, dan LoRa sebagai *system* komunikasi data. *Base* akan diletakkan disekitar lapangan Universitas Lampung sebagai korektor *real time* (RTCM) ke *rover*. *Rover* akan menerima koreksi lokasi dari *base* yang terhubung ke android pengguna melalui Bluetooth dan SW Maps akan berfungsi untuk mengubah GPS bawaan menjadi GNSS yang sudah di konfigurasi, serta menampilkan pola tanam dan visual lokasi pengguna. Kemudian, penandaan titik tanam sudah bisa dilaksanakan.



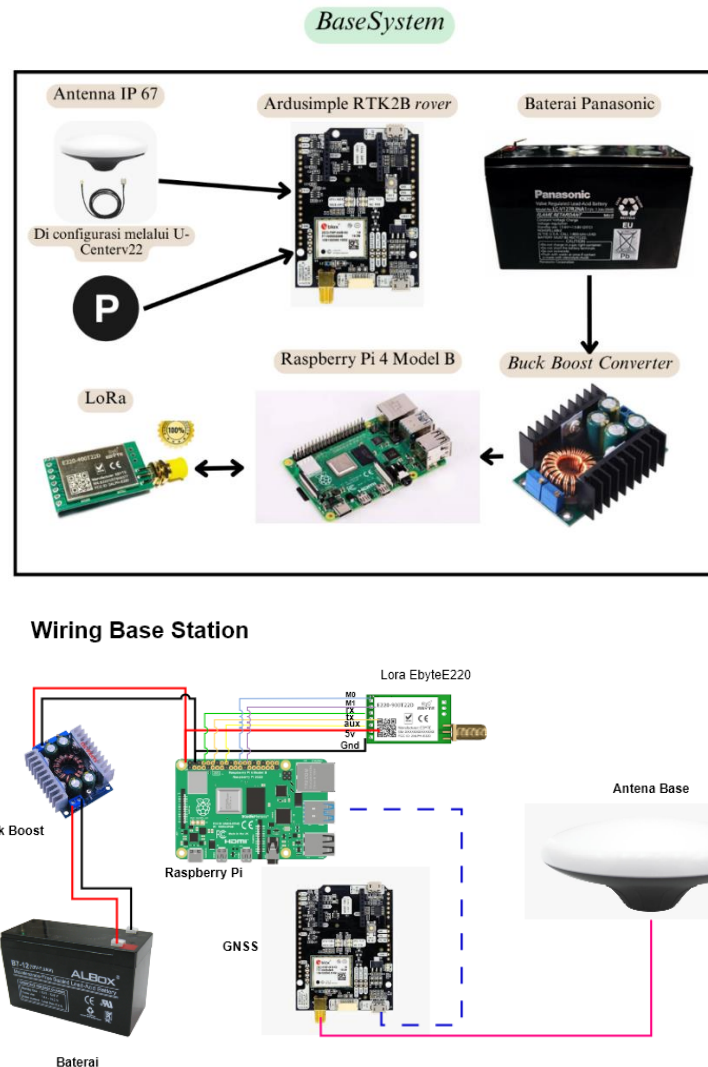
Wiring Rover Station



Gambar 3.2 Rancangan dan Wiring Rover System

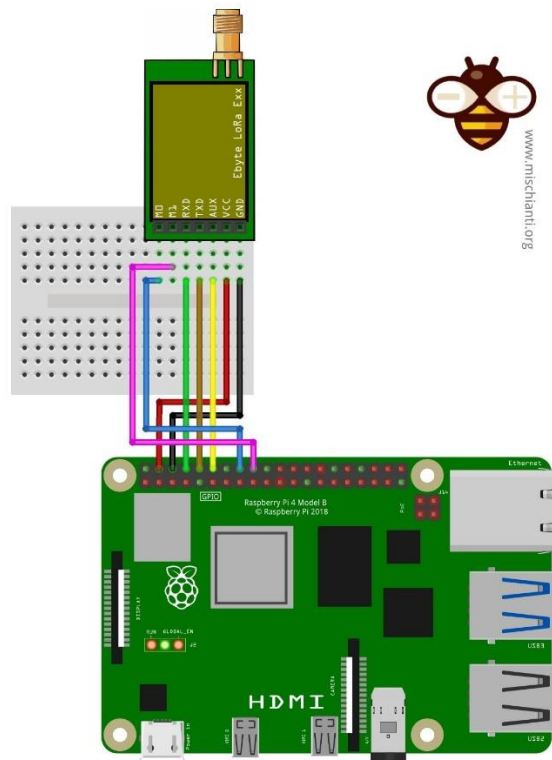
Gambar 3.2 Rancangan *Rover System* merupakan diagram untuk GPS/GNSS tracking mode rover. Rover akan menggunakan beberapa perangkat seperti ArdusimpleRTK2B, U-blok GNSS multiband antenna IP66, Raspberry Pi 4, Baterai, Buck Booster Converter dan LoRa untuk dihubungkan dengan android yang menjalankan SW Maps untuk menampilkan orthophoto dan pola tanam. Mode rover berfungsi sebagai pendukung dalam melakukan tracking titik penanaman. Rover akan bertindak sebagai eksternal GPS/GNSS smartphone dan

berkomunikasi melalui LoRa dengan *base* dalam menentukan titik tanam secara *real time* untuk peningkatan akurasi.



Gambar 3.3 Rancangan dan *Wiring Base System*

Pada gambar 3.3 rancangan *base* akan menggunakan beberapa perangkat seperti ArduSimpleRTK2B, survey GNSS *multiband antenna* IP67, Raspberry Pi 4, Baterai, *Buck Booster Converter* dan LoRa. *Base* pada perangkat ini nantinya akan berfungsi sebagai korektor untuk *rover* dalam penentuan titik. *Base* akan berkomunikasi dengan *rover* dan membantu *rover* mengirimkan data secara *real time*(RTCM) sehingga akurasi titik pola tanam dapat meningkat. *Base* akan diletakkan pada sekitar lapangan Universitas Lampung.



Gambar 3.4 Wiring Raspberry Pi dan LoRa

Gambar 3.4 menunjukkan Wiring yang menghubungkan antara Raspberry Pi 4 Model B dan LoRa yang digunakan dalam penelitian ini. Dimana pin 5V power (Raspberry Pi) terhubung ke pin VCC (LoRa), berfungsi sebagai sumber daya untuk LoRa dari Raspberry Pi. Pin GND (Raspberry Pi) terhubung ke pin GND (LoRa) agar rangkaian memiliki referensi tegangan yang sama. Pada pin GPIO 14 TXD terhubung pada RX (LoRa) yang berfungsi agar Raspberry Pi bisa mengirimkan data ke LoRa. Pin GPIO 14 (RXD) terhubung pada TXD (LoRa) yang berfungsi untuk menerima data dari modul LoRa ke Raspberry Pi. Pin TXD (Transmit Data) LoRa akan mengirimkan data ke pin RXD (Receive Data) Raspberry Pi untuk diproses lebih lanjut. Pin GPIO 18 (PCM_CLK) terhubung pada pin AUX (LoRa) yang digunakan untuk membaca status komunikasi, dengan pin AUX memberikan sinyal ke Raspberry apakah LoRa sedang mengirim, menerima, atau idle. Pin GPIO 23 terhubung pada M0 (LoRa) dan Pin GPIO 24 terhubung pada M1.

3.4. Perencanaan Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menguji akurasi dan sistem komunikasi antara GPS/ GNSS *Tracking* dengan *mobile apps* dan *maps* yang digunakan, dan efektivitas dari rancangan pola titik tanam. GPS dan GNSS *Tracking* akan memberikan koordinat presisi terkait posisi *user* dan aplikasi akan menampilkannya secara visual posisi tersebut pada aplikasi SW *Maps* dan membandingkan efektivitas rancangan pola tanam terhadap lahan sawit aktual di Mesuji PT Bina Sawit Makmur (BSM) Sempoerna Agro.

Pengujian ini akan dilakukan empat bagian, meliputi :

1. Pengujian alat dilakukan secara berkala dengan kalibrasi dengan *benchmark* perpustakaan universitas lampung untuk melihat keakuratan dari alat
2. Pengujian komunikasi system pada jarak 10m-100m untuk melihat kemampuan alat dalam mengirimkan data pada jarak tertentu.
3. Pengujian selanjutnya apakah GNSS sudah terhubung dengan android dan penggunaan *antenna* sudah berubah menjadi Adusimple RTK2B, dan menilai keakuratannya.
4. Pengujian efektivitas rancangan pola tanam, dilakukan dengan *overlay google earth/orthophoto* dengan rancangan pola tanam yang di buat di arcgis. Dengan membandingkan hasil visualisasi *orthophoto* kebun sawit Mesuji PT Bina Sawit Makmur (BSM) Sempoerna Agro terhadap hasil penentuan titik tanam pada ArcGIS, serta mengukur deviasi posisi dan persentase kecocokan di lapangan.

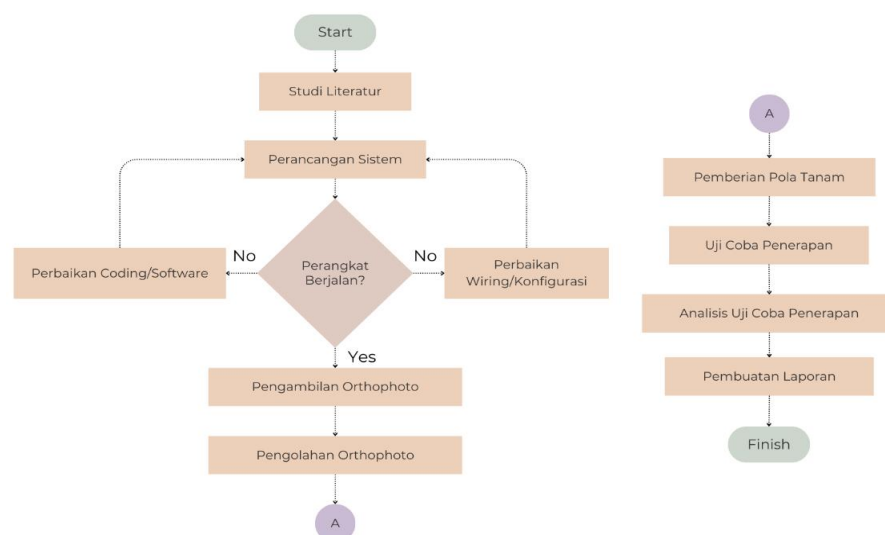
3.5. Uji Coba Keseluruhan Alat

Uji coba selanjutnya ialah akurasi *system* sebagai penentu pola tanam sawit dengan dibandingkan terhadap sistem penentuan pola secara tradisional untuk membuktikan apakah penggunaan GNSS *tracking* berpengaruh atau tidak dan seberapa efisien dan akurat hasil pada penerapannya. Pengujian ini akan

menggabungkan semua fitur yang sebelumnya telah dirancang dan diuji. Pengujian akan dilakukan bertahap. Tahap pertama pengujian akan dilakukan di lapangan terbuka bebas untuk melihat performa keseluruhan sistem. Metode *trial and error* juga dilakukan pada tahap ini. Pengujian akan terus dilakukan hingga hasil mendekati akurasi yang diinginkan. Ini diperlukan untuk menguji kecocokan lingkungan dikarenakan setiap faktor bisa mempengaruhi alat.

3.6. Diagram Alir Penelitian

Dalam merancang system penentuan pola tanam sawit terdapat beberapa alur seperti pada diagram alir pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa alur seperti pada Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian. Tahap awal dalam penelitian ini adalah studi dari berbagai macam literatur. Pengumpulan materi-materi dilakukan menggunakan media internet secara virtual-digital seperti google scholar, IEEE, Youtube dan *science direct*. Penggunaan perangkat, datasheet setiap komponen, dan referensi jurnal atau bacaan terkait topik penelitian ini menjadi dasar untuk memulai penelitian. Kemudian terdapat proses bimbingan dengan dosen pembimbing yang dilakukan secara *offline* di Laboraturium Telekomunikasi, Teknik Elektro, Universitas

Lampung. Perancangan alat dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi, Teknik Elektro, Unila dengan merancang untuk *base station* dan *rover* yang kemudian dilakukan uji coba alat, apakah sudah berjalan dengan baik atau belum. Kemudian pengambilan *orthophoto* dari lahan yang akan digunakan untuk sampel penanaman sawit, yang akan diproses dan kemudian menambahkan pola tanam dari *outline orthophoto* menggunakan Arcgis. Melakukan uji coba komunikasi LoRa pada jarak 10m - 100m, uji coba alat apakah sudah bisa terintegrasi dengan SW Maps dan juga apakah pembacaan lokasi sudah sesuai, dan melakukan penerapan system dengan area sampel yang kemudian menyusun laporan hasil penelitian yang dilakukan dalam bentuk laporan skripsi.

3.7 Pengembangan Sistem

Dari gambar 3.1 terlihat proses pengembangan sistem, dari *base* dan *rover* yang berkomunikasi menggunakan LoRa. Dalam prosesnya terbagi menjadi beberapa tahap penyesuaian dan konfigurasi, dengan langkah sistematis yang dilakukan.

3.7.1 Base Station

Base akan menggunakan beberapa modul yang perlu di konfigurasi seperti Raspberry Pi dan Arduimple RTK2B dengan *software*-nya masing-masing.

3.7.1.1 Konfigurasi Arduimple RTK2B

Pada arduimple RTK2B yang dikonfigurasi menjadi *base* menggunakan aplikasi U Center v.22 yang disediakan oleh situs resmi U-Blox. Dengan langkah sistematis yang tertera pada Tabel 3.1.

Tabel 3.2 Konfigurasi Arduimple RTK2B *Base* di U-Center v.22

No.	Tahapan	Langkah Konfigurasi	Keterangan
1	Menghubungkan GNSS ke PC (<i>Personal Computer</i>)	Sambungkan modul GNSS ke PC menggunakan <i>Micro USB to USB</i>	Cek ulang apakah <i>driver</i> sudah terinstall
2	Membuka U-Center v.22	Buka U-Center v.22 dan pilih <i>port com</i> yang sesuai	Konfirmasi lokasi <i>port</i> pada <i>device manager</i>

3	Menyesuaikan <i>baudrate</i>	Pada menu <i>receiver</i> pilih <i>baudrate</i>	Atur ke 115200
4	Memeriksa <i>connection</i>	Menu <i>View – Massage</i> , pada bagian UBX-NAV-PVT	Muncul data
5	Mengatur <i>port</i> komunikasi	UBX – CFG – PORTS, atur PORTS	Sesuaikan dengan PORT yang dipakai
6	Mengaktifkan mode <i>base</i>	UBX CFG – TMODE3, pilih <i>survey-in</i>	Tentukan durasi dan akurasi minimum
7	Menggunakan koordinat <i>fixed</i>	Setelah mentapat koordinat, ubah menjadi <i>mode fixed</i>	Untuk peningkatan akurasi koreksi rover
8	Simpan konfigurasi	UBX – CFG – CFG, pilih <i>save current configuration</i> , kemudian <i>send</i>	Agar konfigurasi tidak ter-reset

3.7.1.2 Konfigurasi Raspberry Pi dan LoRa

Pada Raspberry Pi yang dikonfigurasi menjadi *base* dihubungkan dengan LoRa sebagai modul komunikasinya. Dengan langkah sistematis yang tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3.3 Konfigurasi Raspberry Pi dan LoRa Base

No.	Tahapan	Langkah Konfigurasi	Keterangan
1	Menghubungkan Raspberry Pi dan LoRa	Sambungkan pin LoRa → Raspi TX → GPIO 15 (RX) RX → GPIO 14 (TX) M0 → GPIO 23 M1 → GPIO 24 AUX → GPIO 18 VCC → 5V GND → GND	Menggunakan kabel jumper (<i>female to female</i>).
2	Menyiapkan Raspberry Pi	Instalasi OS, Python dan Librari komunikasi serial	Gunakan versi yang kompatibel dengan <i>library</i> yang akan dipakai

3	Menulis <i>coding base</i> untuk LoRa	Membuat skrip python untuk mengambil data dari GNSS kemudian mengatur data RTCM untuk dikirim ke Lora	Definisikan serial port baudrate LoRa (default 9600 bps), pada frekuensi 433 Mhz dan format pesan.
4	Menjalankan program di Raspberry Pi	Jalankan skrip Python menggunakan terminal	Pastikan tidak ada error dan data terkirim melalui LoRa.
5	Pengujian Komunikasi	Uji dengan Raspberry Pi lain sebagai penerima, pantau data masuk melalui serial monitor	Mengirim RTCM

3.7.1.3 Menghubungkan ArduSimple RTK2B dan Raspberry Pi

ArduSimple RTK2B dihubungkan dengan Raspberry Pi dan menggunakan kabel *micro* USB. Dengan menyambungkan port *micro* USB pada ArduSimple RTK2B ke salah satu port USB pada Raspberry Pi, komunikasi data antara perangkat dapat dilakukan menggunakan library `pyserial`.

3.7.2 Rover

Dengan menggunakan beberapa modul yang perlu di konfigurasi dan *coding*, *rover* akan menjadi sistem penunjuk lokasi pengguna dan titik penanaman. Terdiri dari ArduSimple RTK2B, X-Bee Bluetooth, Raspberry Pi, Antenna IP 67, dan LoRa akan terhubung ke android pengguna dan menggunakan aplikasi SW Maps untuk visualisasi data.

3.7.2.1 Konfigurasi ArduSimple RTK2B

Pada arduSimple RTK2B yang dikonfigurasi menjadi *rover* menggunakan aplikasi U Center v.22 yang disediakan oleh situs resmi U-Blox. Dengan langkah sistematis yang tertera pada Tabel 3.3

Tabel 3.4 Konfigurasi ArduSimple RTK2B Rover di U-Center v.22

No.	Tahapan	Langkah Konfigurasi	Keterangan
1	Menghubungkan GNSS ke PC (<i>Personal Computer</i>)	Sambungkan modul GNSS ke PC menggunakan <i>Micro USB to USB</i>	Cek ulang apakah <i>driver</i> sudah terinstall
2	Membuka U-Center v.22	Buka U-Center v.22 dan pilih <i>port com</i> yang sesuai	Konfirmasi lokasi <i>port</i> pada <i>device manager</i>
3	Menyesuaikan <i>baudrate</i>	Pada menu <i>receiver</i> pilih <i>baudrate</i>	Atur ke 115200
4	Mengatur <i>protocol in</i>	Buka F9, UBX – CFG – PRT. <i>Protocol in</i> pilih RTCM3	Menentukan modul mengambil koreksi dari data yang <i>base</i> kirimkan
5	Mengatur <i>mode operation</i> komunikasi	UBX – CFG – NAV5, atur <i>dynamic mode ; pedestrian</i>	Mengubah ArduSimple RTK2B sebagai rover yang digunakan <i>pedestrian</i>
6	Simpan konfigurasi	UBX – CFG – CFG, pilih <i>save current configuration</i> , kemudian <i>send</i>	Agar konfigurasi tidak ter-reset

3.7.2.2 Konfigurasi Raspberry Pi, X-Bee Bluetooth dan LoRa

Pada Raspberry Pi yang terhubung dengan ArduSimple RTK2b akan dikonfigurasi menjadi *rover*, dan terhubung dengan LoRa sebagai modul *receiver* dalam komunikasinya. Dengan langkah sistematis yang kurang lebih sama dengan *base* hanya berbeda pada *coding* LoRa, namun penambahan modul X-Bee Bluetooth digunakan sebagai jalur koneksi ke Android pengguna. Dengan langkah sistematis yang tertera pada Tabel 3.4.

Tabel 3.5 Konfigurasi Raspberry Pi, X-Bee Bluetooth dan LoRa Rover

No.	Tahapan	Langkah Konfigurasi	Keterangan
1	Menyiapkan Raspberry Pi	Install OS Raspberry Pi OS (Raspbian) pada <i>microSD</i> menggunakan Raspberry Pi Imager. Setelah itu boot Raspberry Pi dan lakukan update sistem (<i>sudo apt update && sudo apt upgrade</i>)	Pastikan Raspberry Pi sudah siap digunakan
2	Menyambungkan GNSS ke Raspberry Pi	Hubungkan port <i>micro USB</i> dari Ardusimple RTK2B ke salah satu port USB di Raspberry Pi.	Pastikan Raspberry Pi mengenali perangkat GNSS, ketik " <i>ls -l /dev/ttyACM0</i> " pada terminal
3	Menyambungkan LoRa ke Raspberry Pi	Hubungkan pin LoRa ke Raspberry Pi: - VCC → Pin 2 (5V) - GND → Pin 6 (GND) - RXD → GPIO14 (TX) - TXD → GPIO15 (RX) - AUX → GPIO18 - M0 → GPIO 23 - M1 → GPIO 24	Menggunakan kabel jumper <i>female to female</i> , pastikan koneksi benar untuk komunikasi serial dan kontrol mode LoRa
4	Mengonfigurasi LoRa	Set frekuensi yang digunakan	Menggunakan frekuensi 433MHz
5	Menginstal <i>library</i> yang Dibutuhkan di Raspberry Pi	Install library berikut di Raspberry Pi: - <i>pyserial</i> (<i>pip install pyserial</i>) → untuk komunikasi serial - <i>pynmea2</i> (<i>pip install pynmea2</i>) → untuk parsing data NMEA GNSS - <i>RPi.GPIO</i> (<i>pip install RPi.GPIO</i>) → untuk kontrol pin GPIO (mengatur M0, M1, dan membaca AUX)	Library wajib agar Raspberry Pi bisa berkomunikasi dengan LoRa, GNSS, dan Bluetooth
6	Membuat dan Menjalankan Script Python	Buat script Python untuk: - Membaca data dari GNSS (USB serial) - Membaca data masuk dari LoRa (serial GPIO)	Script harus jalan otomatis untuk mengintegrasikan semua data

7	Pengujian Komunikasi	- Cek koneksi GNSS dengan <i>cat /dev/ttyACM0</i> - Cek data dari LoRa dengan membuka port serial GPIO - Cek apakah Bluetooth terhubung dengan Android pada SW Maps	Pastikan semua perangkat berjalan sesuai fungsinya dan menerima data
---	----------------------	---	--

3.7.2.3 Connecting Ardusimple RTK2B dan Raspberry Pi

Sama seperti base, Ardusimple RTK2B pada rover juga dihubungkan dengan Raspberry Pi menggunakan kabel *micro USB*. Dengan menyambungkan port *microUSB* pada Ardusimple RTK2B ke salah satu port USB pada Raspberry Pi, komunikasi data antara perangkat dapat dilakukan menggunakan library *pyserial*.

3.7.2.4 Integrating sistem dengan SW Maps

Setelah mengintegrasikan semua modul, kemudian menghubungkan android dengan Ardusimple RTK2B. Modul X-bee Bluetooth pada GNSS yang digunakan untuk menghubungkan kedua perangkat. Berfungsi untuk melihat lokasi pengguna dan visualisasi dari pola tanam yang sudah di buat, dengan penerimaan data koreksi dari *base* melalui komunikasi LoRa. Berikut tahapan dari konfigurasi SW Maps pada penelitian ini, yang dijelaskan pada Tabel 3.5

Tabel 3.6 Integrating Sistem Dengan SW Maps

No.	Tahapan	Langkah Konfigurasi	Keterangan
1	Instalasi SW Maps	Mengunduh pada <i>playstore</i>	Terdapat pada android
2	Menyambungkan ardusimple rtk2b ke SW Maps	Buka <i>Menu – GPS – Provider GNSS External</i> .	Pilih Bluetooth
3	Konfigurasi komunikasi GNSS	Atur <i>baudrate</i> dan <i>port</i> agar sesuai dengan modul	Pilih <i>baudrate</i> 115200
4	Cek status GNSS	Statusnya sudah menjadi RTK <i>Fixed/Float</i>	Menandakan koreksi sudah akurat

6	Aplikasi sudah terintegrasi	GPS pada android sudah menjadi GNSS ArduSimple RTK2B	Siap di gunakan
---	-----------------------------	--	-----------------

3.8 Uji Coba Sistem

Uji coba dilakukan untuk melihat apakah sistem bekerja dengan baik, mulai dari perangkat keras, Raspberry Pi, LoRa, dan arduSimple RTK2B hingga integrasinya dengan aplikasi SW Maps. Juga bertujuan untuk menilai tingkat akurasi dari *rover* setelah mendapatkan koreksi dari *base*.

3.8.1 Pengujian Modul Raspberry Pi dan LoRa

Raspberry Pi sudah bekerja dengan baik, yang ditunjukkan dengan berhasilnya akses melalui terminal. Selanjutnya, LoRa akan diuji dengan mengirim data percobaan, antara LoRa modul *base* dan LoRa modul *rover*, apakah sudah berkomunikasi dengan baik atau belum.

3.8.2 Pengujian Komunikasi LoRa

Selanjutnya, dilakukan pengujian komunikasi modul LoRa antara *base* dan *rover*. *Serial monitor* akan digunakan untuk menampilkan apakah data (RTCM) berhasil diterima dengan baik atau tidak. Jika masih terdapat *error* maka dilakukan pengecekan ulang kepada konfigurasi komunikasi LoRa, pada *baudrate*, *hardware*, ataupun hal lainnya.

3.8.3 Pengujian Base

Selanjutnya akan dilakukan pengujian arduSimple RTK2b pada *base*. *Base* akan dikonfigurasi menjadi *mode survey-in* hingga koordinat stabil, dan kemudian diubah menjadi *fixed* untuk menghasilkan data koreksi yang akan digunakan oleh *rover*. Melalui U-Center v22 dapat terkonfirmasi apakah *base* sudah berhasil mengirimkan RTCM secara *real-time* atau belum.

3.8.4 Pengujian Rover

Selanjutnya pengujian pada ArduSimple RTK2B modul *rover*, dimana dilakukan pemeriksaan apakah *rover* berhasil menerima data koreksi (RTCM) dari *base* yang sudah diintegrasikan. Terlihat dari status yang ditampilkan, yang pada umumnya bertuliskan '*single*' akan berubah menjadi '*RTK Float*' atau '*RTK Fixed*' yang bisa dilihat melalui SW Maps. Jika masih bertuliskan *single*, maka dilakukan pengecekan ulang terhadap konfigurasi modul, ataupun komunikasi antara *base* dan *rover*.

3.8.5 Pengujian Integrasi SW Maps

Selanjutnya akan dilakukan pengujian integrasi modul terhadap SW Maps. Dengan menggunakan X-Bee bluetooth dari ArduSimple RTK2b ke android, dilakukan uji coba dengan mengamati posisi *rover*, apakah sudah ter-*update* secara *real time* atau belum pada aplikasi.

3.8.6 Uji Akurasi dengan Benchmark

Kemudian untuk menguji akurasi *rover* setelah mendapatkan koreksi dari *base*, dilakukan dengan membandingkan koordinat yang diperoleh dari *rover* dengan titik koordinat *benchmark*. Dengan galat <10cm maka *rover* sudah mengalami peningkatan pada akurasinya[25].

3.9 Pemrosesan Penentuan Titik Pola Tanam

Pada penentuan pola tanam sawit diperlukan tahapan memproses *orthophoto* sebagai dasarnya. *Orthophoto* yang dihasilkan dari citra udara yang diambil dari *drone* di proses menggunakan *software* khusus untuk rendering, setelah data *orthophoto* didapatkan, selanjutnya akan di proses pada Arcgis untuk menentukan pola tanam, dan visualisasi medan pada google earth.

Pengolahan Data di ArcGIS dan GoogleEarth pada lahan sawit yang divisualisasikan ke google earth selanjutnya akan diambil *outline* sebagai landasan penitikan pada ArcGIS.



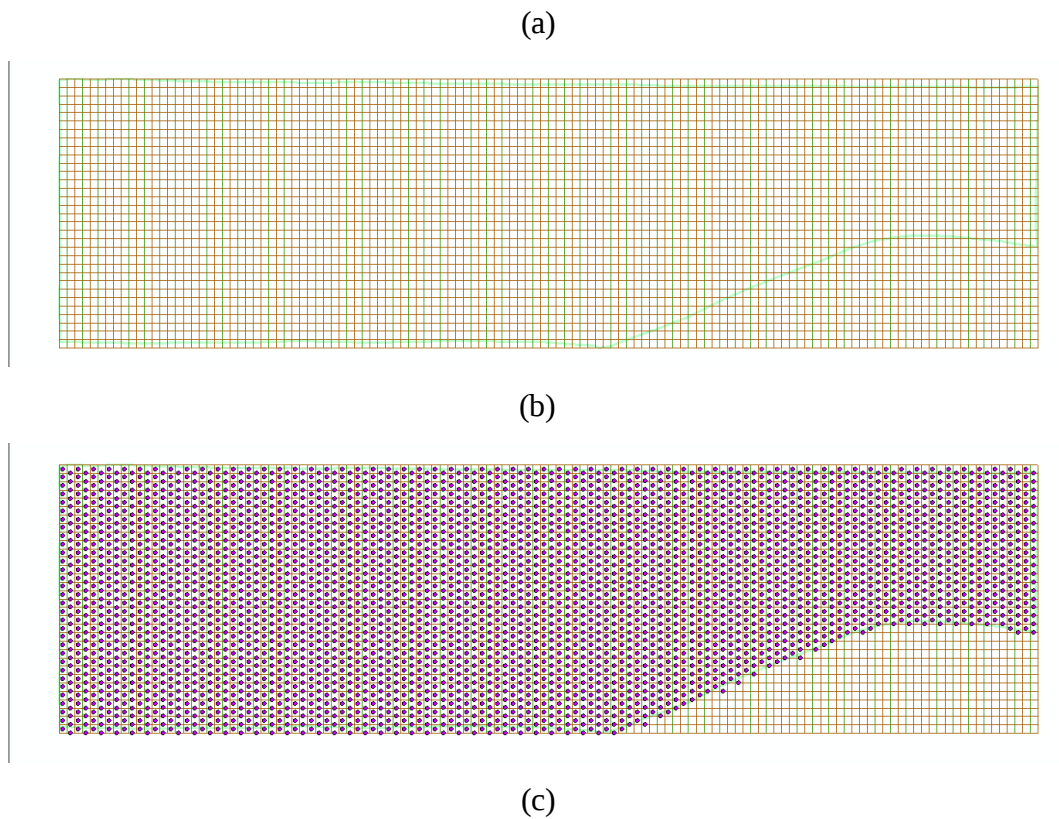
Gambar 3.6 (a) Google Earth *Outlining* Lahan Sawit Mesuji



Gambar 3.6 (b) Google Earth *Outlining* Lapangan Unila

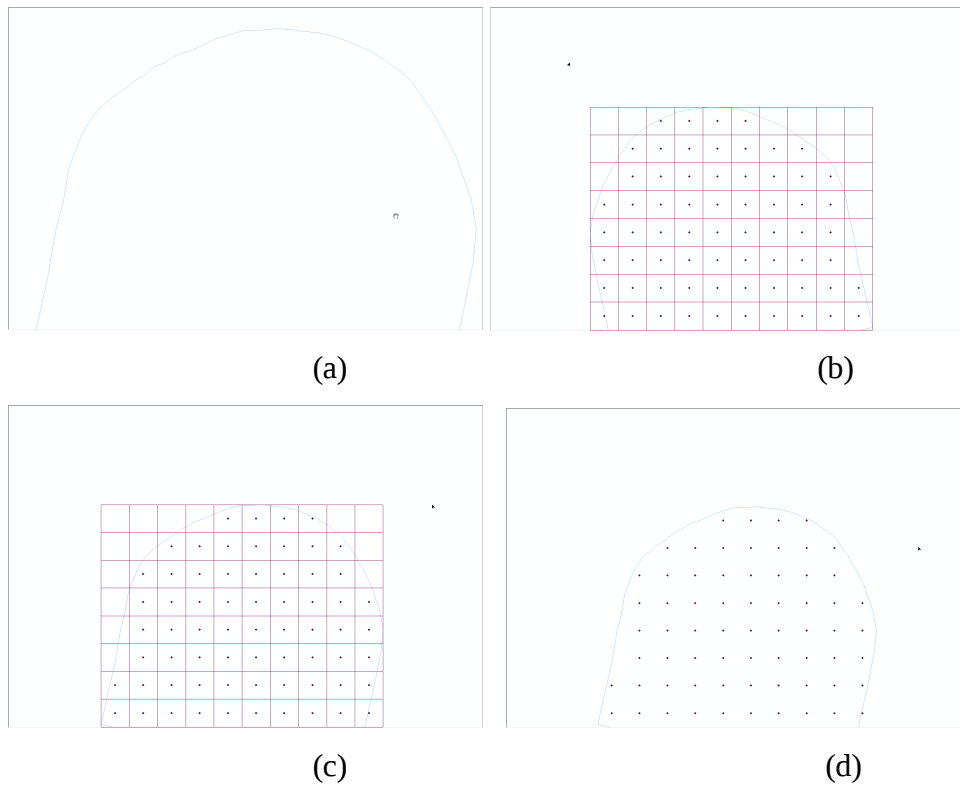
Outline pada google earth di extract menjadi file (.Kml) dan mulai diberikan *fishnet* untuk membantu dalam pemberian titik. Jarak kotak yang ada pada *fishnet* menyesuaikan jarak antar titik, pada penelitian ini menggunakan 8m x 8m.





Gambar 3.7 Proses Penandaan Titik Pada ArcGIS Mesuji

Gambar 3.7 menunjukkan proses pengolahan dan penentuan titik pola tanam pada aplikasi ArcGIS. Pada gambar 3.7 (a) menunjukkan hasil *outline* pada google earth yang dimasukkan ke ArcGIS, selanjutnya diberi *fishnet* (b) untuk membantu dalam proses pemberian titik pola tanam, dengan jarak 8m x 8m. Kemudian, pada gambar 3.7 (c) terlihat jika pada *fishnet* diberikan label sebagai hasil dari penentuan pola tanam kelapa sawit.



Gambar 3.8 Proses Penandaan Titik Lapangan Unila

Kemudian Gambar 3.8 pemberian titik pada lapangan unila, setelah selesai memberikan titik yang diinginkan, data akan di *extract* dari ArcGIS dengan format .KML dan .geojson. Pada format .KML akan kembali divisualisasikan ke google earth untuk melihat apakah sudah sesuai atau belum.



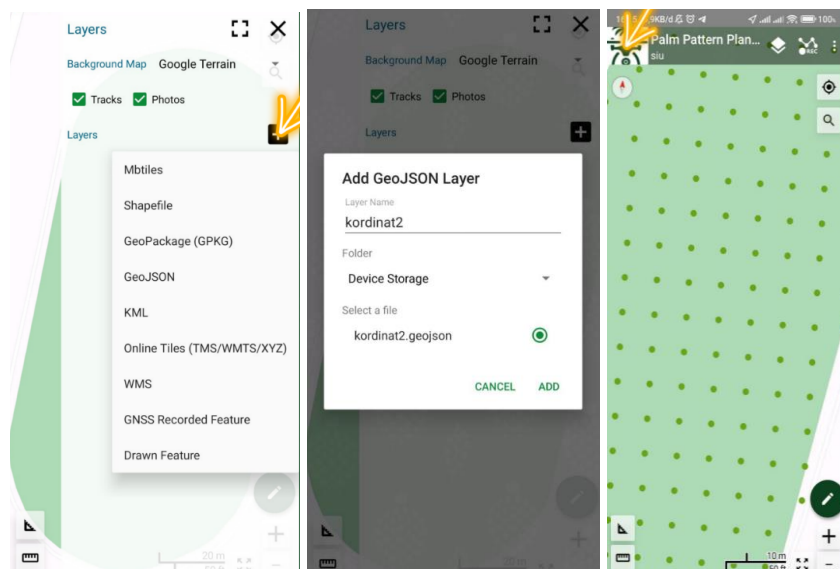
(a)



(b)

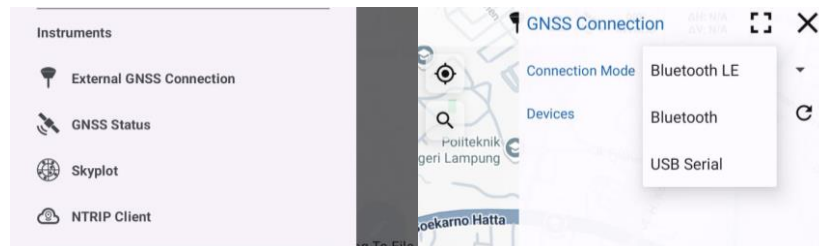
Gambar 3.9 Google Earth Dengan Pola Titik Tanam

Dan untuk file .geojson akan digunakan pada aplikasi SW Maps sebagai display dari pengguna dan pola titik tanam yang sudah dirancang



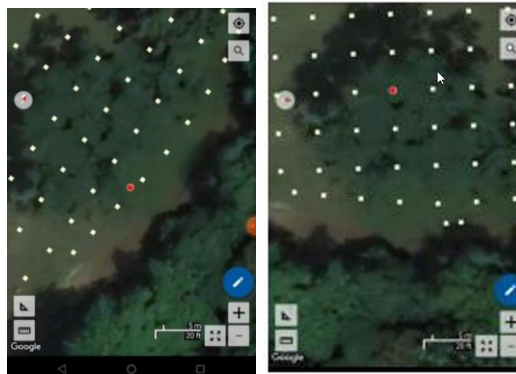
Gambar 3.10 Memasukkan File .geojson ke SWMaps

Setelah visualisasi data dari ArcGIS berhasil di tampilkan di android pengguna, selanjutnya hubungkan GPS bawaan menjadi GNSS di aplikasi SW Maps.



Gambar 3.11 Mengaktifkan Lokasi GNSS Pada Aplikasi

Seperti terlihat pada gambar 3.11, untuk mengaktifkan arduSIMPLE rtk2b sebagai GNSS yang digunakan pengguna, pilih menu SW Maps pada bagian *instrument* pilih GNSS Status kemudian masukkan GNSS Connection menjadi bluetooth, konfirmasi pada status sudah menjadi '*fixed/floated*' bukan lagi '*single*'



Gambar 3.12 Visualisasi Pola Tanam dan Lokasi Pengguna

Penentuan titik tanam sudah bisa di aplikasikan, pada penelitian ini titik demo dilakukan di lapangan Unila.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sistem penentuan titik tanam yang sudah diuji coba dapat ditarik kesimpulan :

1. Sistem berhasil mencapai tingkat akurasi yang diharapkan dengan galat <10cm, yakni galat sebesar 8.95cm pada status *3D fixed/RTK Fixed*
2. Terlihat adanya pengaruh jarak antara *base* dan *rover* pada komunikasi, dimana terlihat pada pengujian kedua saat jarak >90m nilai dari PDR menurun dan PL mencapai >20% .
3. Berdasarkan Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, terlihat bahwa jarak antara *base* dan *rover* berpengaruh terhadap akurasi posisi. Area yang berjarak 50-70m menunjukkan galat lebih tinggi, meskipun pola distribusinya berbeda pada tiap rancangan. Pada pola kotak, galat dominan (modus) muncul dengan nilai hingga 15 cm pada area sekitar 50–55 meter dari *base*, yang menunjukkan modus galat pada titik tertentu. Sementara itu, pada pola segitiga tidak ditemukan modus galat pada area terjauh, meski jarak area mencapai 63–66 meter; galat yang muncul lebih merata dengan nilai representatif terendah yang di ambil 8 cm
4. Rancangan pola titik tanam memiliki perbedaan signifikan dari lahan aktual, terlihat dari kecocokan rancangan pola sekitar 25%, deviasi visual antara titik, dan adanya selisih jumlah dari geotagging dan rancangan sebesar 474 titik, dimana hal ini terjadi diduga karena adanya pengaruh elevasi pada lahan sebenarnya yang diabaikan pada proses perancangan pola tanam.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian, pengembangan bisa dilakukan untuk mengoptimalkan kemampuan kinerja sistem, berikut saran yang terkait pada penelitian ini :

1. Sebagai langkah preventif untuk mencegah penurunan akurasi dan kenaikan galat akibat jarak, penggantian modul radio yang memenuhi standar industri bisa menjadi solusi agar kinerja tetap optimal.
2. Pengembangan sistem dengan menggunakan *protocol* komunikasi alternatif seperti MQTT dapat dipertimbangkan sebagai pengganti *protocol* komunikasi LoRa, dengan kecepatan transfer yang lebih baik dan tidak terpengaruh jarak, namun dibutuhkan internet sebagai penggunaannya
3. Pembuatan pola tanam digital masih dilakukan secara manual, maka perlu dilakukan pengembangan pada sisi *software* agar proses pemetaan titik tanam, visualisasi, dan rinci dari titik tanam (koordinat, jarak,dll) dapat menjadi otomatis dan terintegrasi pada satu aplikasi
4. Sistem ini diharapkan untuk diuji pada lahan yang lebih besar dan kompleks, untuk meninjau kinerja sistem lebih menyeluruh, untuk menentukan batas maksimum jangkauan komunikasi sistem, kekebalan pada kondisi lingkungan yang nyata, dan kemungkinan pada kebutuhan teknis mendatang

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Directorate General of Plantation. “*Tree Crop Estate Statistics of Indonesia 2016–2018*”. Jakarta, Indonesia: Ministry of Agriculture, 2017.
- [2] M. Latifian, A. A. Rahnama, and H. Sharifnezhad, “*Effects of planting pattern on major date palm pests and diseases injury severity*,” *Int. J. Agric. Crop Sci.*, vol. 4, no. 19, pp. 1443-1451, 2012.
- [3] Agro-O6/00, “Standar Operasional Prosedur Manajemen Penanaman Kelapa Sawit Dokumen SOP-Agro-06/00,” pp. 1–9, 2016.
- [4] R. Gumilar, “Analisis Ketelitian Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan Real-Time Kinematic Global Navigation Satellite System,” *Geoplanart*, vol. 5, no. 2, pp. 16–24, 2023
- [5] I. N. Aini, W. Aimrun, M. S. M. Amin, M. H. Ezrin, and H. Z. Shafri, “*Auto guided oil palm planter by using multi-GNSS*,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 20, no. 1, 2014, doi: 10.1088/1755-1315/20/1/012013.
- [6] H. A. J. Jayaselan and D. Ahmad, “*Development of a mechanization selection system for oil palm plantations with alternative planting patterns*,” *J. Oil Palm Res.*, vol. 23, no. APRIL, pp. 990–998, 2011.
- [7] D. Suwardhi, “Pemetaan dengan UAV-Fotogrametri,” LPPM ITB, 2023. [Online]. Available: <https://lppm.itb.ac.id/wpcontent/uploads/sites/55/2023/11/Pemetaan-UAV-FOtogrametri-Deni-Suwardhi.pdf>

- [8] D. T. Pitri, “Interpretasi Data Citra Geospasial UAV *Orthophotos* untuk Monitoring Lahan Kelapa Sawit” Univ. Sumatera Utara, 2018. Available: <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/12171>

- [9] R. Hernina, R. Putera, and T. Putra, “Analisis Tinggi Terbang *Drone* dan Resolusi Untuk Pemetaan Penggunaan Untuk Pemetaan Penggunaan Lahan Menggunakan DJI Phantom 4 Pro (Studi Kasus Kampus UI) *Analysis of Height Variations in Flying Drones and Spat*,” Semin. Nas. Penginderaan Jauh ke-6, pp. 99–105, 2020.

- [10] E. D. Kaplan and C. J. Hegarty, “*Understanding GPS Principles and Applications Second Edition*,” Better Corp. Report., pp. 85–202, 2006.

- [11] U.S. Department of Defense, “*Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Specification*,” ICD-GPS-200, 2020.

- [12] M. Püschel, M. Wenk, and T. Guggemos, “*RTK-LoRa: High-Precision, Long-Range, and Energy-Efficient Localization for Mobile IoT Devices*,” ETH Zurich, 2020.

- [13] u-blox AG, “*What is RTCM*,” u-blox, Oct. 3, 2024. [Online]. Available: <https://www.u-blox.com/en/technologies/rtcm>

- [14] ArduSimple, “*simpleRTK2B – ZED-F9P GNSS RTK Board*,” Mouser Electronics, 2020.

- [15] C. Antennas, “*Calibrated Survey GNSS Multiband antenna (IP67)*,” pp. 1–5, 2025.

- [16] C. Antennas, “*Budget Survey GNSS Multiband antenna (IP66)*,” pp. 1–5, 2025.

- [17] B. A. Forouzan, "*Data Communications and Networking*, 5th" ed. New York: McGraw-Hill, 2013.
- [18] M. K. Ibrahim, "*Design and Implementation of UART Protocol for Serial Communication*," *2018 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)*, 2018, pp. 162-167
- [19] Raspberry Pi Foundation. "*Raspberry Pi 4 Model B Specifications*". 2024 Available: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>
- [20] EByte, *E220 Series LoRa Wireless Module Datasheet*, 2023. [Online]. Available: <http://ebyte.com/en/product-view-news.aspx?id=126>
- [21] Q. Guo et al., "*Experimental Evaluation of the Packet Reception Performance of LoRa*," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 939-950, Feb. 2019, doi: 10.1109/JIOT.2018.2868533.
- [22] SPABattery, "*LC-V127R2NA datasheet*," 2020. [Online]. Available: <https://www.spabattery.com/uploads/product/908/lc-v127r2na.pdf>
- [23] Digi International, "*Xbee Bluetooth Module datasheet*," 2020. Available: <https://docs.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90000976.pdf>
- [24] U-blox AG, "*u-center GNSS Evaluation Software - User Guide (v22.07)*," u-blox, 2022. [Online]. Available: <https://www.u-blox.com/en/product/u-center>
- [25] TechnoGIS, "*Efisiensi Pengumpulan Data dengan GNSS N2 RTK: Studi Kasus di Lapangan*," TechnoGIS, 2023. [Online].

Available: <https://www.technogis.co.id/efisiensi-pengumpulan-data-dengan-gnss-n2-rtk-studi-kasus-di-lapangan/>

- [26] GETSI, "Static GNSS Survey Methods," *Science Education Resource Center (SERC) at Carleton College*, 2023. [Online]. Available: https://cdn.serc.carleton.edu/files/gets/teaching_materials/high-precision/static_gnss_survey_methods.v5.pdf

- [27] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), "What is latitude?," U.S. Department of Commerce, [Online]. Available: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/latitude.html>.

- [28] National Geodetic Survey (NGS), "User Guidelines for Single Base Real Time GNSS Positioning", NOAA, 2023. [Online]. Available: https://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/NGSRealTimeUserGuidelines.v2.1.pdf

- [29] M. Chwalisz et al., "Evaluating the LoRaWAN Protocol Using a Permanent Outdoor Testbed," *2019 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Marrakech, Morocco, 2019, pp. 1-8. doi: [10.1109/WCNC.2019.8885931](https://doi.org/10.1109/WCNC.2019.8885931).