

**PENGARUH TEKNIK GRAFTING MUKIBAT, JENIS PUPUK, APLIKASI
AUKSIN, DAN KLON BATANG BAWAH TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI UBI KAYU
(*Manihot esculenta* Crantz)**

(Tesis)

Oleh

**Ariwibowo
2424011008**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**PENGARUH TEKNIK GRAFTING MUKIBAT, JENIS PUPUK, APLIKASI
AUKSIN, DAN KLON BATANG BAWAH TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI UBI KAYU
(*Manihot esculenta* Crantz)**

Oleh

**Ariwibowo
2424011008**

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN**

Pada

**Program Studi Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGARUH TEKNIK GRAFTING MUKIBAT, JENIS PUPUK, APLIKASI AUKSIN, DAN KLON BATANG BAWAH TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz)

Oleh

Ariwibowo

Produktivitas ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) nasional masih berada di bawah potensi genetiknya, sehingga diperlukan inovasi teknik budidaya untuk mendukung ketahanan pangan nasional dan ketersediaan bahan baku industri berbasis pati. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas integrasi teknologi grafting Mukibat, Klon batang bawah, manajemen nutrisi, dan aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) dalam meningkatkan pertumbuhan, produktivitas, dan akumulasi pati ubi kayu. Kerangka teoritis didasarkan pada optimalisasi hubungan *source-sink*, di mana singkong karet (*Manihot glaziovii*) sebagai batang atas berperan sebagai sumber fotosintat (*source*), sementara ubi kayu budidaya sebagai batang bawah berfungsi sebagai penampung asimilat (*sink*).

Penelitian terdiri atas dua percobaan eksperimental dengan jarak tanam 1 x 1 m dan pemanenan dilakukan pada umur 8 Bulan Setelah Tanam (BST). Percobaan I menggunakan Rancangan Petak Berjalur (*Strip Plot Design*) untuk menguji pengaruh asal bahan tanam (setek konvensional dan grafting Mukibat) dan jenis pupuk (anorganik, pupuk kandang kambing, dan pupuk berbasis mikroba/BBM). Percobaan II menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial untuk menguji pengaruh aplikasi auksin (NAA 750 ppm + IBA 750 ppm) dan Klon batang bawah (Cino, UJ3, Sopyonyono, dan Garuda).

Hasil Percobaan I menunjukkan bahwa teknik grafting Mukibat secara nyata mengungguli metode setek konvensional pada umur 8 BST. Produktivitas sistem grafting mencapai 20,56 kg/tanaman (205,66 ton/ha), meningkat 98,26% dibandingkan setek konvensional yang hanya menghasilkan 10,37 kg/tanaman (103,77 ton/ha). Peningkatan bobot umbi berdampak langsung pada bobot pati per hektar, yang meningkat sebesar 102,77% dari 24,90 ton/ha (setek) menjadi 50,49 ton/ha (grafting Mukibat). Pupuk berbasis mikroba (BBM) memberikan hasil terbaik dengan produktivitas umbi 174,66 ton/ha dan produksi pati 42,95 ton/ha,

lebih tinggi dibandingkan pupuk anorganik yang menghasilkan 129,91 ton/ha dan 32,50 ton pati/ha.

Hasil Percobaan II menunjukkan bahwa aplikasi auksin secara nyata meningkatkan bobot umbi sebesar 44,25% (dari 15,73 menjadi 22,69 kg/tanaman), kadar pati dari 21,54% menjadi 24,75%, dan bobot pati per hektar sebesar 65,76% (dari 33,88 menjadi 56,16 ton/ha). Klon Sopyonyono teridentifikasi sebagai batang bawah terbaik dalam memaksimalkan kuantitas hasil, dengan produktivitas 254,5 ton/ha dan total produksi pati tertinggi sebesar 53,14 ton/ha, meskipun persentase kadar patinya lebih rendah dibandingkan Klon Garuda dan Cino.

Disimpulkan bahwa sinergi antara teknologi grafting Mukibat, aplikasi auksin eksogen, dan nutrisi berbasis mikroba terbukti efektif meningkatkan pertumbuhan, produktivitas umbi, dan total produksi pati ubi kayu per satuan luas lahan. Kombinasi teknologi ini berpotensi besar untuk diterapkan dalam pengembangan sistem budidaya ubi kayu berorientasi pangan maupun industri secara berkelanjutan.

Kata kunci: Auksin, Batang Bawah, Grafting Mukibat, Pupuk Berbasis Mikroba, Ubi Kayu.

ABSTRACT

EFFECTS OF MUKIBAT GRAFTING TECHNIQUE, FERTILIZER TYPE, AUXIN APPLICATION, AND ROOTSTOCK CLONE ON THE GROWTH AND YIELD OF CASSAVA (*Manihot Esculenta* Crantz)

Oleh

Ariwibowo

National cassava (*Manihot esculenta* Crantz) productivity remains below its genetic potential, necessitating innovations in cultivation techniques to support national food security and the availability of starch-based industrial raw materials. This study aimed to evaluate the effectiveness of integrating Mukibat grafting technology, rootstock clone selection, nutrient management, and plant growth regulator (PGR) application in improving the growth, productivity, and starch accumulation of cassava. The theoretical framework is based on the optimization of the source–sink relationship, in which rubber cassava (*Manihot glaziovii*) as the scion serves as the photosynthate source, while the cultivated cassava rootstock functions as the assimilate sink.

The study comprised two experimental trials with a planting spacing of 1×1 m and harvesting at 8 months after planting (MAP). Experiment I employed a Strip Plot Design to evaluate the effects of planting material origin (conventional cutting and Mukibat grafting) and fertilizer type (inorganic NPK, goat manure, and microbial-based fertilizer/MBF). Experiment II employed a Randomized Complete Block Design (RCBD) with factorial arrangement to evaluate the effects of auxin application (NAA 750 ppm + IBA 750 ppm) and rootstock clone (Cino, UJ3, Sopyonyono, and Garuda).

Results of Experiment I demonstrated that the Mukibat grafting technique significantly outperformed conventional cutting at 8 MAP. The productivity of the grafting system reached 20.56 kg plant⁻¹ (205.66 t ha⁻¹), representing a 98.26% increase over conventional cutting, which yielded only 10.37 kg plant⁻¹ (103.77 t ha⁻¹). The increase in tuber weight directly impacted starch production per

hectare, which increased by 102.77% from 24.90 t ha⁻¹ (cutting) to 50.49 t ha⁻¹ (Mukibat grafting). Microbial-based fertilizer (MBF) yielded the best results, with tuber productivity of 174.66 t ha⁻¹ and starch production of 42.95 t ha⁻¹, surpassing inorganic fertilizer, which produced 129.91 t ha⁻¹ and 32.50 t ha⁻¹ starch, respectively.

Results of Experiment II demonstrated that auxin application significantly increased tuber weight by 44.25% (from 15.73 to 22.69 kg plant⁻¹), starch content from 21.54% to 24.75%, and starch production per hectare by 65.76% (from 33.88 to 56.16 t ha⁻¹). The Sopyonyono clone was identified as the best-performing rootstock for maximizing yield quantity, with a productivity of 254.5 t ha⁻¹ and the highest total starch production of 53.14 t ha⁻¹, although its starch percentage was lower than that of the Garuda and Cino clones.

It is concluded that the synergy between Mukibat grafting technology, exogenous auxin application, and microbial-based nutrition is proven effective in enhancing the growth, tuber productivity, and total starch production of cassava per unit area. This combination of technologies holds great potential for sustainable application in the development of food- and industry-oriented cassava cultivation systems.

Keywords: Auxin, Microbial-Based Fertilizer, Mukibat Grafting, Rootstock Clone, Cassava

Judul Tesis : **PENGARUH TEKNIK GRAFTING MUKIBAT, JENIS PUPUK, APLIKASI AUKSIN, DAN KLON BATANG BAWAH TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI UBI KAYU (*Manihot esculenta Crantz*)**

Nama Mahasiswa : **ARIWIBOWO**

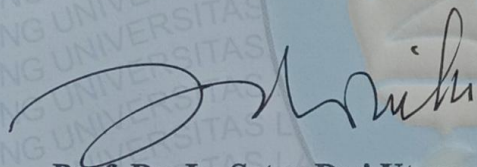
No. Pokok Mahasiswa : 2424011008

Jurusan : Magister Agronomi

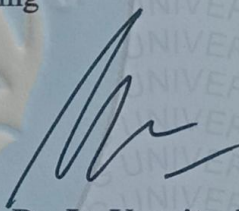
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.
NIP. 196110211985031002

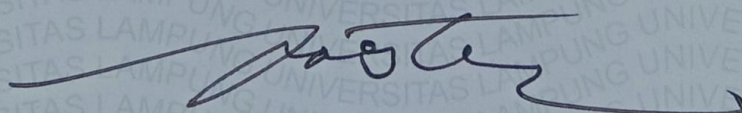


Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP. 196108031986032002



Fitri Yelli, S. P., M. Si., Ph.D.
NIP. 197905152008122005

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

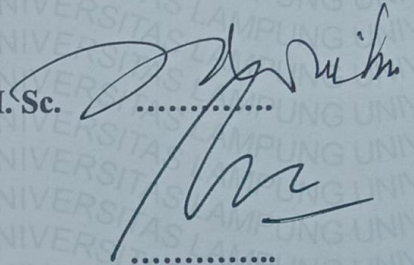


Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M. S.
NIP. 196209281987031001

MENGESAHKAN

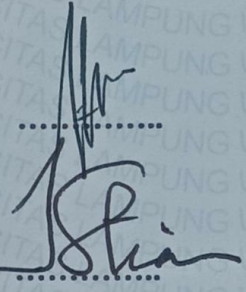
1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : **Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo M. Sc.**



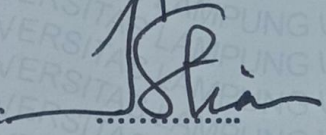
Pembimbing Kedua : **Prof. Dr. Ir. Yusnita, M. Sc.**

Pembimbing Ketiga : **Fitri Yelli, S. P., M. Si., Ph. D.**



Penguji

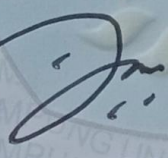
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M. Sc.**



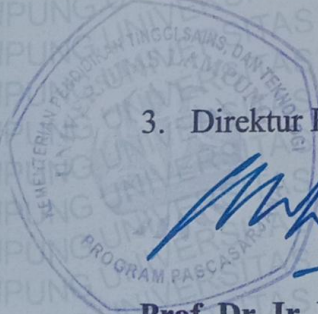
Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M. P.
NIP 196411181989021002

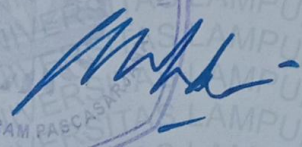


3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M. Si.
NIP 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 3 Juni 2026



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tesis dengan judul "**PENGARUH TEKNIK GRAFTING MUKIBAT, JENIS PUPUK, APLIKASI AUKSIN, DAN KLON BATANG BAWAH TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI UBI KAYU (*Manihot esculenta Crantz*)**" adalah hasil karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas hasil karya orang lain dengan cara tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme. Semua hasil yang tertuang dalam tesis ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.
2. Pembimbing penulis tesis ini berhak mempublikasi sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
3. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 3 Juni 2026



Ariwibowo
NPM 2424011008

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Kebon Kecamatan Saling Kabupaten Empat Lawang Provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 20 September 2000. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Industri dan Ibu Yunani.

Penulis telah menyelesaikan Pendidikan di SDN 17 Tebing Tinggi pada tahun 2013, SMPN 1 Tebing Tinggi pada tahun 2016, SMAN 1 Tebing Tinggi pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis dinyatakan lulus sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Lampung Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan, Program Studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan melalui jalur Penerimaan Minat dan Kemampuan Politeknik Negeri (PMDKPN). Penulis menerima beasiswa Karya Salemba Empat (KSE) dari tahun 2020-2023.

Pada tahun 2020-2024 penulis menjadi Marbot Masjid Kampus Politeknik Negeri Lampung. Pada tahun 2020-2021 penulis menjadi ketua umum Lembaga Dakwah Kampus (LDK) Al Banna Politeknik Negeri Lampung. Pada tahun 2021-2022 penulis menjadi ketua Bidang *Community Development*. Pada tahun 2022-2024 penulis menjadi ketua umum FSLDK daerah Lampung. Pada tahun 2022 penulis mengikuti AITEC IV di Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh di bidang Sortasi Biji Kopi dan berhasil meraih juara II Nasional. Pada tahun 2022 penulis telah melaksanakan kegiatan Praktek Kerja Nyata (PKN) di Desa Sungai Langka Pesawaran selama 40 hari. Pada tahun 2023 penulis telah menyelesaikan Praktek Kerja Lapang (PKL) selama 2 bulan di PT. Gunung maras Lestari, Kabupaten Bangka Provinsi Bangka Belitung. Pada tahun 2023, penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 Terapan dan melanjutkan studi Pascasarjana Magister Agronomi di Fakultas Pertanian Universitas Lampung tahun 2024.

MOTTO

Ketika kamu sedang lelah dan ingin menyerah. lihatlah ke atas langit. apakah burung terbang dengan saling bertabrakan? tidak bukan..Lihatlah ayam disekitar mu, apakah mereka berjalan dengan bertubrukan? Tidak bukan....

Mereka berjalan di jalan mereka masing masing. mereka tahu arah mereka berjalan, mereka tahu arah kemana mereka harus pergi. Dari sini apakah kamu sadar bahwa semua kehidupan sudah di atur sangat baik oleh sang pencipta (Allah SWT). Lalu atas dasar apa kamu khawatir dengan alur kehidupan mu. Allah tahu apa yang terbaik untuk kita, Allah telah mengatur kehidupan kita dengan sangat baik....

Jangan pernah risau akan masa depan mu. kamu hanya perlu berdoa, berusaha dan berikhtiar. Jangan takut, jangan bimbang dengan permasalahan yang sering kali menerpa mu mustahil kamu di berikan ujian tanpa adanya jalan keluar berserah dirilah, berdoa lah agar semua hajat mu terkabul dan bersabar-lah atas semua ujian yang terjadi pada mu...

(Ariwibowo)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya...”

(QS Al-Baqarah: 286)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah : 5)

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia.”

(HR. Ahmad, ath-Thabrani)

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan puja syukur atas kehadiran Allah SWT yang berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat melaksanakan penelitian di Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan menyelesaikan tesis yang berjudul **“PENGARUH TEKNIK GRAFTING MUKIBAT, JENIS PUPUK, APLIKASI AUKSIN, DAN KLON BATANG BAWAH TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI UBI KAYU (*Manihot esculenta Crantz*)”** dengan baik. Tak lupa shalawat serta salam penulis lantunkan kepada murabbi terbesar sepanjang sejarah, orang biasa yang luar biasa karena kebiasaanya yaitu nabi besar Muhammad SAW. Dalam penyusunan tesis ini, penulis dibantu oleh berbagai pihak dalam pelaksanaan, pengambilan data, serta bimbingan yang mendukung penulis dalam penyusunan tesis. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M. P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M. Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M. S., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi.
5. Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M. Sc., selaku Pembimbing pertama yang telah memberikan ide, ilmu, arahan, motivasi, serta bimbingan selama proses penelitian hingga menyelesaikan tesis ini.
6. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M. Sc., selaku Pembimbing kedua yang senantiasa memberikan motivasi, kritik dan saran dalam menyelesaikan tesis ini.

7. Fitri Yelli, S.P., M. Si., Ph.D., selaku Pembimbing ketiga yang telah memberikan semangat, masukan dan pengaruh positif dalam proses penyusunan tesis ini.
8. Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M. Sc selaku Penguji sekaligus Pembimbing informal saya yang selalu membimbing, mengarahkan, memberikan kritik maupun saran yang berarti dalam penyelesaian tesis ini.
9. Seluruh dosen Program Studi Magister yang telah membagikan ilmu dan pengalaman selama penulis menempuh pendidikan.
10. Seluruh dosen Program Studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan Polinela yang telah membagikan ilmu dan pengalaman selama penulis menempuh pendidikan.
11. Drs.Ir. Zinal Arifin, M. Pd. selaku Ketua Takmir Masjid Al Banna Politeknik Negeri Lampung yang telah memberikan motivasi, semangat, dan fasilitas untuk di tinggal di marbot Masjid Al Banna Polinela sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
12. Kedua orang tuaku Bapak Industri dan Ibu Yunani, Adik tercinta Jeni Maha Suci dan Jihan Okta Zakesya serta Elvi Triana Permata Sari dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan kasih sayang, cinta nasihat, motivasi, doa dukungan moral maupun materi hingga tesis ini dapat diselesaikan.
13. Rekan-rekan seperjuangan Agronomi angkatan 2024, Adinda Putri, Dwi Rahayu, Nur Vauzin Adista, Ledy, Indri, Feby, Wilda Yanti, Galuh, izza dan Endi terima kasih atas kebersamaan dan semangat yang dibagikan selama ini.
14. Rekan-rekan seperjuangan marbot Masjid Al Banna Polinela Azril, Lukman, Sholeh, Rezaldi, Kevin, Habib, Deris, Suradi, Riko, Mukhtar, Hidayat dan Rohmad.

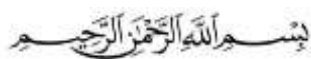
15. Almamater tercinta serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, namun besar harapan penulis semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan informasi yang berguna bagi semua pihak. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang mungkin terdapat dalam proses penulisan. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan. Aamiin.

Bandar Lampung, 9 Juni 2026
Penulis,

Ariwibowo

PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan rasa syukur kepada-Mu ya Rabb, atas segala kemudahan, nikmat dan kasih sayang yang tiada tara sehingga tesis ini bisa terselesaikan. Kupersembahkan tesis ini sebagai tanda hormat, cinta dan rasa terimakasih.

Kepada kedua orang tuaku,

Ayahanda Industri dan ibunda Yunani , meski kutahu tak akan pernah bisa kubalas satu persatu kasih sayang yang telah kalian beri, tak henti-hentinya doa yang kalian dipanjatkan serta pengorbanan tak terhitung yang telah mereka berikan. Semoga ilmu dan cita-cita yang saya peroleh kelak akan menjadi bentuk amal jariyah bagi Ibu dan Ayah. Kupersembahkan juga Tesis ini untuk adek tercinta Jeni Maha Suci dan Jihan Okta Zakeisya dan seluruh keluargaku yang selalu memberi semangat dan doa,

Kepada Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo M. Sc., Prof. Dr. Ir. Yusnita M. Sc., dan Fitri Yelli, S. P., M. Si. Ph.D atas bimbingannya sehingga Tesis ini bisa terselesaikan,

Keluarga Besar UKM AI Banna dan keluarga BPH masjid Al Banna yang selalu mengingatkan akan kebaikan dan persaudaraan, Almamater tercintaku Universitas Lampung.

Jaya almamaterku....

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xxvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Kerangka Pemikiran	6
1.4 Hipotesis	12
II. TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Tanaman Ubi Kayu (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	13
2.1.1 Ubi Kayu Klon Garuda	16
2.1.2 Ubi Kayu Klon UJ3	17
2.1.3 Ubi Kayu Klon Cino	17
2.1.4 Ubi Kayu Klon Sopyonyono.....	18
2.2 Singkong Karet (<i>Manihot glaziovii</i> Mueller)	18
2.3 Teknik grafting Mukibat	20
2.4 Peningkatan Produktivitas Ubi Kayu Melalui Grafting Mukibat.....	24
2.5 Setek Batang Singkong	26
2.6 Sambung Miring (<i>Splice grafting</i>)	26
2.7 Pengeratan Batang Sebagai Stimulasi Pembentukan Akar Adventif.....	27
2.8 Auksin.....	28
2.8.1 NAA (<i>1-Naphthalene Acetic Acid</i>)	31
2.8.2 IBA (<i>Indole-3-Butyric Acid</i>)	33
2.9 Aplikasi Auksin	35
2.10 Pupuk.....	36
2.10.1 Pupuk Anorganik	37
2.10.2 Pupuk Organik	39
III. METODOLOGI	47

3.1 Percobaan I : Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi kayu Klon Garuda	47
3.1.1 Waktu dan Tempat Percobaan	47
3.1.2 Alat dan Bahan	47
3.1.3 Rancangan Percobaan.....	48
3.1.4 Pelaksanaan percobaan.....	50
3.1.5 Pengamatan	54
3.1.6 Analisis data	55
3.2 Percobaan II : Pengaruh Aplikasi Auksin dan Klon Batang Bawah Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Grafting Mukibat.....	58
3.2.1 Waktu dan Tempat Percobaan	58
3.2.2 Alat dan Bahan	58
3.2.3 Rancangan Percobaan.....	58
3.2.4 Pelaksanaan percobaan.....	59
3.2.5 Pengamatan	62
3.2.6 Analisis data	65
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	66
4.1 Hasil Penelitian.....	66
4.1.1 Percobaan I : Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi kayu Klon Garuda.....	66
4.1.2 Percobaan II : Pengaruh Aplikasi Auksin dan Klon Batang Bawah Terhadap Pertumbuhan dan Produksi ubi kayu grafting Mukibat.....	76
4.2 Pembahasan	85
4.2.1 Percobaan I : Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi kayu Klon Garuda.....	87
4.2.2 Percobaan II : Pengaruh Aplikasi Auksin dan Klon Batang Bawah Terhadap Pertumbuhan dan Produksi ubi kayu grafting Mukibat.....	91
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	104
5.1 Kesimpulan.....	104
5.2 Saran	106
DAFTAR PUSTAKA.....	107
LAMPIRAN.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil analisis kimia tanah awal lahan percobaan di Rara Estate Rajabasa, Bandar Lampung.....	66
2. Rekapitulasi analisis ragam pada pengaruh asal bahan tanam dan jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi Klon Garuda 8 BST.....	67
3. Pengaruh asal bahan tanam terhadap tinggi tunas, jumlah daun, diameter batang, tingkat percabangan, dan bobot segar brangkasan Klon Garuda 8 BST	68
4. Pengaruh jenis pupuk terhadap tinggi tunas, jumlah daun, diameter batang, tingkat percabangan, dan bobot segar brangkasan Klon Garuda 8 BST	69
5. Pengaruh asal bahan tanam terhadap jumlah akar produktif, jumlah akar total, panjang akar, bentang akar, dan diameter umbi Klon Garuda 8 BST...	70
6. Pengaruh Jenis Pupuk terhadap terhadap jumlah akar produktif, jumlah akar total, panjang akar, bentang akar, dan diameter umbi Klon Garuda 8 BST	72
7. Pengaruh asal bahan tanam terhadap bobot umbi, bobot umbi total, dan kadar pati Klon Garuda 8 BST.....	73
8. Pengaruh jenis pupuk terhadap terhadap bobot umbi , bobot umbi total, dan kadar pati Klon Garuda 8 BST.....	74
9. Tingkat keberhasilan sambungan dengan penggunaan bahan tanam grafting dan setek Klon Garuda	75
10. Rekapitulasi analisis ragam pada pengaruh aplikasi auksin dan Klon batang bawah terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu grafting Mukibat 8 BST.....	77
11. Pengaruh aplikasi auksin tinggi tunas, jumlah daun, diameter batang, tingkat percabangan, dan bobot segar brangkasan ubi kayu grafting Mukibat umur 8 BST	78

12. Pengaruh Klon batang bawah terhadap tinggi tunas ubi kayu grafting Mukibat Mukibat umur 8 BST	79
13. Pengaruh aplikasi auksin terhadap jumlah akar produktif, jumlah akar total, panjang akar, bentang akar, dan diameter umbi ubi kayu grafting Mukibat umur 8 BST	80
14. Pengaruh Klon batang bawah jumlah akar produktif, jumlah akar total, panjang akar, bentang akar, dan diameter umbi ubi kayu grafting Mukibat umur 8 BST	81
15. Pengaruh aplikasi auksin terhadap bobot umbi , bobot umbi total, dan kadar pati ubi kayu grafting Mukibat umur 8 BST.....	82
16. Pengaruh Klon batang bawah terhadap rata-rata bobot umbi ubi kayu grafting Mukibat umur 8 BST	83
17. Tingkat keberhasilan sambungan dengan penggunaan bahan tanam grafting.....	84
18. Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis pupuk terhadap tinggi tunas Klon Garuda.....	120
19. Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis pupuk terhadap tinggi tunas Klon Garuda	120
20. Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis pupuk terhadap tinggi tunas Klon Garuda.....	120
21. Hasil BNT Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Tinggi Tunas Klon Garuda.....	120
22. Hasil BNT Pengaruh Jenis pupuk terhadap tinggi tunas Klon Garuda.....	120
23. Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Daun Klon Garuda	121
24. Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Daun Klon Garuda.....	121
25. Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Daun Klon Garuda.....	121
26. Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Jumlah Daun Klon Garuda .	121
27. Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Jumlah Daun Klon Garuda ...	121
28. Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Diameter Batang Klon Garuda	122

29.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Diameter Batang Klon Garuda.....	122
30.	Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Diameter Batang Klon Garuda	122
31.	Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Diameter Batang Klon Garuda.....	122
32.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Diameter Batang Klon Garuda.....	122
33.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Tingkat Percabangan Klon Garuda.....	123
34.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Tingkat Percabangan Klon Garuda	123
35.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Tingkat Percabangan Klon Garuda	123
36.	Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Tingkat Percabangan Klon Garuda.....	123
37.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Tingkat Percabangan Klon Garuda.....	123
38.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Akar Produktif Klon Garuda	124
39.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Akar Produktif Klon Garuda	124
40.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Akar Produktif Klon Garuda	124
41.	Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Jumlah Akar Produktif Klon Garuda.....	124
42.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Jumlah Akar Produktif Klon Garuda.....	124
43.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Akar Total Klon Garuda	125
44.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Akar Total Klon Garuda	125
45.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Jumlah Akar Total Klon Garuda	125

46.	Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Jumlah Akar Total Klon Garuda.....	125
47.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Jumlah Akar Total Klon Garuda.....	125
48.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Diameter Umbi Klon Garuda.....	126
49.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Diameter Umbi Klon Garuda.....	126
50.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Diameter Umbi Klon Garuda.....	126
51.	Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Diameter Umbi Klon Garuda.....	126
52.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Diameter Umbi Klon Garuda.....	126
53.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bentang Akar Klon Garuda.....	127
54.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bentang Akar Klon Garuda.....	127
55.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bentang Akar Klon Garuda.....	127
56.	Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Bentang Akar Klon Garuda.....	127
57.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Bentang Akar Klon Garuda ..	127
58.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot umbi Klon Garuda.....	128
59.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot umbi Klon Garuda.....	128
60.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot umbi Klon Garuda.....	128
61.	Hasil BNT Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Bobot Umbi	128
62.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Bobot Umbi	128
63.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot Akar Total Klon Garuda.....	129

64.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot Akar Total Klon Garuda	129
65.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot Akar Total Klon Garuda	129
66.	Hasil BNT Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Bobot Akar Total.....	129
67.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Bobot Akar Total.....	129
68.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot Segar Brangkasan Klon Garuda	130
69.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot Segar Brangkasan Klon Garuda	130
70.	Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Bobot Segar Brangkasan Klon Garuda.....	130
71.	Hasil BNT Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Bobot Segar Brangkasan	130
72.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Bobot Segar Brangkasan	130
73.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Panjang Akar Produktif.....	131
74.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Panjang Akar Produktif Klon Garuda	131
75.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Panjang Akar Produktif Klon Garuda	131
76.	Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Panjang Akar Produktif Klon Garuda.....	131
77.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Panjang Akar Produktif Klon Garuda.....	131
78.	Uji Normalitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Kadar Pati Klon Garuda.....	132
79.	Uji Homogenitas Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Kadar Pati Klon Garuda.....	132
80.	Analisis Ragam Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Kadar Pati Klon Garuda.....	132
81.	Hasil Pengaruh Asal Bahan Tanam terhadap Kadar Pati	132
82.	Hasil BNT Pengaruh Jenis Pupuk terhadap Kadar Pati	132

83.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Tinggi Tunas	133
84.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Tinggi Tunas	133
85.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Tinggi Tunas	133
86.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Tinggi Tunas	133
87.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Tinggi Tunas	133
88.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Daun	134
89.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Daun	134
90.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Daun	134
91.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Jumlah Daun	134
92.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Daun	134
93.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Diameter Batang	135
94.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Diameter Batang	135
95.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Diameter Batang	135
96.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Diameter Batang	135
97.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Diameter Batang	135
98.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Tingkat Percabangan	136
99.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Tingkat Percabangan	136
100.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Tingkat Percabangan	136
101.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Tingkat Percabangan	136

102.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Tingkat Percabangan.....	136
103.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Akar Produktif.....	137
104.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Akar Produktif.....	137
105.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Akar Produktif.....	137
106.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Jumlah Akar Produktif.....	137
107.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Akar Produktif	137
108.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Akar Total.....	138
109.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Akar Total.....	138
110.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Akar Total.....	138
111.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Jumlah Akar Total.....	138
112.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Jumlah Akar Total...	138
113.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Diameter Umbi	139
114.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Diameter Umbi	139
115.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Diameter Umbi	139
116.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Diameter Umbi	139
117.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Diameter Umbi	139
118.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bentang Akar	140
119.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bentang Akar	140
120.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bentang Akar	140

121.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Bentang Akar	140
122.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Bentang Akar	140
123.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot umbi	141
124.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot umbi	141
125.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot umbi	141
126.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Bobot umbi	141
127.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Bobot umbi	141
128.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot Akar Total.....	142
129.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot Akar Total.....	142
130.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot Akar Total.....	142
131.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Bobot Akar Total.....	142
132.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Bobot Akar Total	142
133.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot Segar Brangkasan.....	143
134.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot Segar Brangkasan.....	143
135.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Bobot Segar Brangkasan.....	143
136.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Bobot Segar Brangkasan	143
137.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Bobot Segar Brangkasan	143
138.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Panjang Akar Produktif.....	144
139.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Panjang Akar Produktif.....	144

140.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Panjang Akar Produktif.....	144
141.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Panjang Akar Produktif	144
142.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Panjang Akar Produktiif.....	144
143.	Uji Normalitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Kadar Pati	144
144.	Uji Homogenitas Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Kadar Pati	145
145.	Analisis Ragam Pengaruh Auksin dan Klon Batang Bawah terhadap Kadar Pati	145
146.	Hasil BNT Pengaruh Auksin terhadap Kadar Pati	145
147.	Hasil BNT Pengaruh Klon Batang Bawah terhadap Kadar Pati	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran.....	11
2. NAA (1-Naphthalene Acetic Acid).....	32
3. IBA (Indole-3-Butyric Acid)	33
4. Tata letak percobaan I	49
5. Pengolahan tanah : a. Pembajakan, b. Pengeplotan lahan, c. Pemasangan papan nama, d. Pengeplotan lubang tanam, e. Pemberian pupuk kandang ke dalam lubang tanam, f. Penyemprotan pupuk BBM cair ke dalam lubang tanam.	50
6. Penyatuan batang bawah dan batang atas	52
7. Penanaman bibit ke dalam lubang tanam.....	52
8. Pemupukan : a. Pupuk anorganik NPK Pusri 17-6-25), b. Pupuk BBM padat dan cair, c. Pupuk kandang kambing.....	53
9. Tanaman umur 4 BST : a. perlakuan pupuk anorganik NPK Pusri, b. Perlakuan pupuk kandang kambing, c. Perlakuan pupuk BBM.	54
10. Tata letak Percobaan II.....	59
11. Aplikasi Auksin pada setek ubi kayu.....	61
12. Penampilan umbi ubi kayu Klon Garuda (setek konvensional) pada panen 8 BST dengan tiga perlakuan pupuk: (a) Anorganik NPK, (b) Pupuk Kandang Kambing, dan (c) Pupuk Berbasis Mikroba (BBM). Rata-rata bobot umbi sistem setek sebesar 10,37 kg/tanaman kadar pati 24,00%.	70
13. Penampilan umbi ubi kayu Klon Garuda sistem Grafting Mukibat pada panen 8 BST dengan tiga perlakuan pupuk: (a) Pupuk Anorganik NPK, (b) Pupuk Kandang Kambing, dan (c) Pupuk Berbasis Mikroba (BBM).	

Rata-rata bobot umbi sistem Grafting Mukibat sebesar 20,56 kg/tanaman dengan kadar pati 24,55%, meningkat 98,26% dibandingkan setek konvensional.	71
14. Penampakan penampang <i>graft union</i> pada ubi kayu grafting Klon Garuda 8 BST : a. Perlakuan pupuk anorganik, b. Perlakuan pupuk kandang kambing, c. perlakuan pupuk BBM.....	76
15. Penampakan Jumlah Akar Produktif setiap perlakuan.....	81
16. Penampakan Penampang <i>graft union</i> ubi kayu Mukibat pada berbagai Klon batang bawah 8 BST yang menunjukkan tingkat kompatibilitas pembentukan jaringan vaskular: a. Klon Cino, b. Klon UJ3, c. Klon Soponyono d. Klon Garuda.....	85
17. Kondisi lahan dan tanaman ubi kayu pada 2 BST	146
18. Tanaman setek Ubi kayu Klon Garuda, a. Setek pupuk kimia, b. Setek Pupuk kandang kambing, c. Setek pupuk berbasis mikroba (BBM)	147
19. Tanaman grafting Ubi kayu Klon Garuda, a. Grafting pupuk kimia, b. Grafting Pupuk kandang kambing, c. Grafting pupuk berbasis mikroba (BBM).....	147
20. Tanaman ubi kayu grafting, a. Klon Cino tanpa Auksin, b. Klon Cino dengan auksin.....	148
21. Tanaman ubi kayu grafting, a. Klon UJ3 tanpa Auksin, b. Klon UJ3 dengan auksin.....	148
22. Tanaman ubi kayu grafting, a. Klon Soponyono tanpa Auksin, b. Klon Soponyono dengan auksin	149
23. Tanaman ubi kayu grafting, a. Klon Garuda tanpa Auksin, b. Klon Garuda dengan auksin.....	149
24. Hasil Umbi ubi kayu grafting a. Pupuk kimia, b. Pupuk Kandang Kambing, c. Pupuk berbasis mikroba (BBM).....	150
25. Peninjauan Lokasi Penelitian Sambung Mukibat Oleh Rektor Unila dan Kepala Dinas Pertanian Provinsi Lampung	150
26. Pengukuran Kadar Pati.....	151
27. Hasil uji LAB analisis tanah	152
28. Hasil uji LAB analisis tanah	153

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan salah satu komoditas strategis di Indonesia yang memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional sekaligus sebagai bahan baku utama berbagai industri bernilai ekonomi tinggi. Tanaman ini menempati posisi sebagai sumber karbohidrat ketiga setelah padi dan jagung, serta tidak hanya dimanfaatkan sebagai pangan pokok alternatif, tetapi juga menjadi bahan dasar pengolahan produk seperti gapek, tapioka, mocaf (*modified cassava flour*), pati termodifikasi, bioetanol, sorbitol, biosurfaktan, hingga produk kecantikan (Utomo *et al.*, 2025). Selain itu, tanaman ini dikenal memiliki efisiensi fotosintesis yang tinggi serta toleransi yang baik terhadap kondisi lingkungan yang kurang ideal, sehingga sangat potensial dikembangkan di lahan-lahan marginal dan daerah dengan curah hujan rendah (Waluyo, 2020; Subagio, 2022).

Provinsi Lampung merupakan produsen ubi kayu terbesar di Indonesia. Sebagian besar tanaman ubi kayu di Provinsi Lampung digunakan untuk memproduksi tepung tapioka. Jika produksi ubi kayu melimpah dan berkelanjutan, ubi kayu berpotensi besar untuk menghasilkan ubi yang dapat diproses menjadi tepung mocaf (*modified cassava flour*). Tepung mocaf dapat menggantikan atau mensubstitusi 30–100% tepung terigu dalam berbagai produk olahan (kue, mie, pasta, tepung pelapis gorengan, tape atau produk fermentasi). Jika tersedia bahan baku yang cukup untuk tepung mocaf, kuantitas impor gandum (terigu) dapat diturunkan (mengurangi ketergantungan terhadap impor gandum), sehingga devisa dapat dihemat. Pemanfaatan tepung mocaf tidak hanya akan meningkatkan nilai tambah singkong, tetapi juga membantu mengurangi ketergantungan impor

gandum, sehingga berdampak positif terhadap stabilitas pangan dan ekonomi nasional (Pusdatin Kementan, 2020; BPS, 2023).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), produksi ubi kayu di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 14,98 juta ton, dengan kontribusi terbesar berasal dari Provinsi Lampung sebesar 39,74% atau sekitar 5,95 juta ton. Namun demikian, produktivitas ubi kayu di tingkat petani masih relatif rendah berkisar antara 20–30 ton/ha, jauh di bawah potensi hasil maksimum varietas unggul yang dapat mencapai lebih dari 60 ton/ha (Waluyo, 2020). Rendahnya produktivitas ini antara lain disebabkan oleh penggunaan bahan tanam setek konvensional, penurunan kesuburan tanah, serta ketergantungan terhadap pupuk anorganik yang dalam jangka panjang berpotensi menurunkan kualitas tanah dan efisiensi produksi.

Salah satu teknologi budidaya yang berpotensi meningkatkan produktivitas ubi kayu adalah teknik grafting Mukibat. Teknik ini mengombinasikan singkong karet (*Manihot glaziovii*) sebagai batang atas dengan ubi kayu budidaya sebagai batang bawah. Sistem Mukibat didasarkan pada optimalisasi hubungan *source-sink*, tajuk singkong karet yang vigor berfungsi sebagai sumber fotosintat (*source*), sedangkan batang bawah ubi kayu berperan sebagai penampung dan penyimpan hasil asimilat (*sink*). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan grafting Mukibat mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif, efisiensi translokasi asimilat, serta hasil umbi secara signifikan dibandingkan metode setek konvensional (Bangthong *et al.*, 2021).

Tanaman ubi kayu yang dibudidayakan menggunakan teknik grafting Mukibat dilaporkan mampu meningkatkan hasil umbi sebesar 37–100% dibandingkan metode setek konvensional, tergantung pada klon, umur panen, dan kondisi lingkungan tumbuh. Menurut Radjit *et al.* (2010), penggunaan bibit sambung ini mulai diterapkan sejak tahun 2005 di beberapa daerah seperti Jawa Timur dan Lampung, sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan produksi ubi kayu guna mendukung pasokan bahan baku industri etanol. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan fotosintat yang lebih banyak dari tajuk singkong karet dibandingkan dengan tajuk ubi kayu budidaya yang dihasilkan dari setek, sehingga meningkatkan produktivitas umbi.

Keberhasilan sistem grafting Mukibat tidak hanya ditentukan oleh teknik penyambungan, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor pendukung lain, terutama pengelolaan nutrisi dan kondisi fisiologis tanaman. Penggunaan pupuk berbasis mikroba (BBM) dilaporkan mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara, memperbaiki kondisi rizosfer, serta merangsang pertumbuhan tanaman melalui aktivitas mikroorganisme fungsional seperti bakteri penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfat (Khairullah *et al.*, 2014; Shahwar *et al.*, 2023). Aplikasi pupuk berbasis mikroba juga berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara dan mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik, sehingga mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan (Hridya *et al.*, 2014).

Di samping faktor nutrisi, aspek fisiologis tanaman juga berperan penting dalam menunjang keberhasilan sistem grafting Mukibat. Zat pengatur tumbuh, khususnya auksin, diketahui berperan dalam merangsang pembentukan akar adventif, diferensiasi jaringan vaskular, serta meningkatkan efisiensi pembentukan organ penyimpan (Hartman *et al.*, 2011). Aplikasi auksin pada fase awal pertumbuhan tanaman grafting dilaporkan mampu mempercepat penyatuan jaringan sambungan dan meningkatkan kapasitas perakaran, yang selanjutnya berdampak positif terhadap pertumbuhan vegetatif dan hasil umbi (Fauzan *et al.*, 2025). Keberhasilan grafting sangat bergantung pada pembentukan jaringan vaskular yang baik antara batang atas dan bawah, yang didukung oleh aktivitas auksin endogen maupun eksogen (Hartman *et al.*, 2011).

Auksin merupakan salah satu zat pengatur tumbuh yang dapat meningkatkan pembentukan akar adventif, mempercepat inisiasi akar, serta meningkatkan keseragaman akar (Hartman *et al.*, 2011). Dalam penelitian ini, dua jenis auksin yang digunakan adalah *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) dan *Indole Butyric Acid* (IBA) dengan konsentrasi tertentu, yang diharapkan dapat meningkatkan keberhasilan grafting, pertumbuhan tunas, dan akhirnya produktivitas tanaman. Pembentukan akar pada setek dipengaruhi oleh konsentrasi auksin yang tepat. Menurut Hartman *et al.* (2011), dengan konsentrasi yang tepat, auksin mampu mengaktifkan sel-sel meristematis untuk mempercepat proses pembelahan dan pemanjangan sel, terutama pada jaringan akar, sehingga mendukung pertumbuhan akar yang lebih optimal.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji keunggulan teknik grafting Mukibat, penggunaan pupuk hayati, maupun aplikasi auksin secara terpisah, kajian yang mengintegrasikan ketiga komponen tersebut secara komprehensif masih terbatas, terutama pada ubi kayu yang dipanen pada umur 8 bulan setelah tanam. Selain itu, respons tanaman terhadap teknologi grafting juga sangat dipengaruhi oleh faktor genetik batang bawah, sehingga perbedaan klon berpotensi menghasilkan respons pertumbuhan dan hasil yang beragam (Bangthong *et al.*, 2021).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu pendekatan teknologi budidaya yang terintegrasi, efisien, dan berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas ubi kayu, khususnya di Provinsi Lampung. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji secara sistematis pengaruh asal bahan tanam (grafting Mukibat dan setek konvensional), jenis pupuk (pupuk anorganik, pupuk kandang kambing dan pupuk berbasis mikroba), aplikasi auksin, serta perbedaan Klon batang bawah terhadap pertumbuhan, hasil, dan kualitas ubi kayu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengembangan teknologi budidaya ubi kayu berdaya hasil tinggi dan berkelanjutan di Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

Percobaan I : Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Klon Garuda

1. Apakah teknik grafting Mukibat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil produksi ubi kayu Klon Garuda?
2. Bagaimana pengaruh berbagai jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan hasil produksi Klon ubi kayu Garuda?
3. Apakah terdapat interaksi antara asal bahan tanam (grafting vs setek) dan jenis pupuk (anorganik, kandang kambing, BBM) terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu Klon Garuda?

Percobaan II : Pengaruh Aplikasi Auksin dan Klon Batang Bawah Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Grafting Mukibat

1. Apakah aplikasi auksin berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu grafting Mukibat?
2. Apakah Klon Garuda, Cino, UJ3 dan Soponyono sebagai batang bawah berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu grafting Mukibat?
3. Apakah terdapat interaksi antara Klon batang bawah (Garuda, Cino, UJ3, Soponyono) dan aplikasi auksin (0 ppm vs 750 ppm NAA + 750 ppm IBA) terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu grafting Mukibat?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Percobaan I : Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Klon Garuda

1. Menganalisis pengaruh asal bahan tanam antara grafting Mukibat dan setek konvensional terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu Klon Garuda.
2. Menganalisis pengaruh jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu Klon Garuda.
3. Menganalisis interaksi antara asal bahan tanam dan jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu Klon Garuda serta memperoleh kombinasi perlakuan terbaik.

Percobaan II : Pengaruh Aplikasi Auksin dan Klon Batang Bawah Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Grafting Mukibat

1. Menganalisis pengaruh aplikasi auksin NAA 750 ppm + IBA 750 ppm terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu grafting Mukibat.

2. Menganalisis pengaruh perbedaan Klon batang bawah terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu grafting Mukibat.
3. Menganalisis interaksi antara aplikasi auksin dan Klon batang bawah terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu hasil grafting Mukibat serta memperoleh kombinasi perlakuan terbaik.

1.3 Kerangka Pemikiran

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan salah satu komoditas pangan penting di Indonesia yang memiliki peran strategis dalam ketahanan pangan nasional serta sebagai bahan baku industri. Produktivitas ubi kayu di tingkat petani yang masih rendah menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi hasil biologis tanaman dan realisasi di lapangan. Data menunjukkan bahwa produktivitas ubi kayu pada tingkat petani, khususnya di Provinsi Lampung sebagai salah satu sentra produksi nasional rata-rata petani masih berkisar antara 20–30 ton/ha, jauh di bawah potensi hasil maksimum varietas unggul yang dapat mencapai lebih dari 60 ton/ha. Kesenjangan ini terutama disebabkan oleh keterbatasan teknologi budidaya yang diterapkan, khususnya pada aspek bahan tanam, pengelolaan hara, serta optimalisasi proses fisiologis tanaman.

Teknik grafting Mukibat merupakan salah satu inovasi budidaya yang berpotensi meningkatkan produktivitas ubi kayu melalui optimalisasi hubungan *source-sink*. Penggunaan singkong karet sebagai batang atas menghasilkan tajuk yang lebih vigor dan kapasitas fotosintesis yang tinggi sebagai sumber asimilat (*source*), sedangkan ubi kayu budidaya sebagai batang bawah berperan sebagai penampung (*sink*) yang menyimpan hasil fotosintesis dalam bentuk umbi. Optimalisasi hubungan ini diharapkan dapat meningkatkan akumulasi karbohidrat dan pembentukan umbi.

Teknik ini mulai dikembangkan sejak tahun 1952 oleh seorang petani di Ngadiloyo, Kediri, Jawa Timur, bernama Mukibat, dan kemudian dikenal sebagai Sistem Mukibat (Bruijn dan Dharmaputra, 1974). Peningkatan produktivitas atau daya hasil ubi kayu grafting Mukibat dilaporkan berkisar antara 50-200%. Peningkatan dimungkinkan karena karakter singkong karet yang tumbuh

vigorous, kekar, berdaun lebat dan banyak, memiliki perakaran luas dan dalam, relatif toleran terhadap cekaman kekeringan, terhadap stres lingkungan, dan menghasilkan umbi yang lebih besar dan lebih banyak.

Penelitian awal yang dilakukan oleh Taufik Budiman (1972) serta Bruijn dan Dharmaputra (1974) menunjukkan bahwa penerapan sistem grafting Mukibat mampu meningkatkan produktivitas ubi kayu secara signifikan, dengan kenaikan hasil lebih dari 100% dibandingkan sistem budidaya konvensional. Pada studi-studi tersebut, rata-rata hasil produksi dilaporkan mencapai sekitar 96 ton/ha tahun⁻¹, nilai yang jauh melampaui rata-rata produksi nasional pada periode tersebut. Bahkan, pada kondisi lingkungan yang optimal dan dengan umur tanaman mencapai 18 bulan, hasil umbi per tanaman dilaporkan dapat mencapai hingga 195 kg per individu. Temuan-temuan ini menegaskan bahwa sistem Mukibat memiliki potensi biologis yang sangat tinggi dalam mendorong peningkatan produktivitas ubi kayu secara substansial.

Hasil-hasil penelitian terkini turut menegaskan keberlanjutan keunggulan sistem Mukibat pada berbagai kondisi agroekologi dan varietas ubi kayu. Radjit *et al.* (2011) melaporkan bahwa penerapan stek sambung pada varietas Adira-4, UJ-5, Kaspro, serta varietas lokal Dampit di Kecamatan Genteng (Kabupaten Banyuwangi) dan Kecamatan Anak Tuha (Kabupaten Lampung Tengah) mampu menghasilkan produksi umbi berkisar 90-99 ton/ha. Nilai tersebut secara nyata lebih tinggi dibandingkan sistem perbanyak stek konvensional yang hanya menghasilkan 54-62 ton/ha. Temuan ini menunjukkan bahwa keunggulan sistem Mukibat bersifat konsisten lintas lokasi dan varietas, serta didukung oleh mekanisme fisiologis tanaman yang relatif stabil.

Temuan serupa juga dilaporkan oleh *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA) di Ibadan, Nigeria, serta *International Center for Tropical Agriculture* (CIAT) di Cali, Kolombia. Kedua lembaga tersebut menyatakan bahwa penerapan sistem stek sambung mampu meningkatkan hubungan antara sumber dan penampung (*source-sink relationship*), sehingga produktivitas tanaman ubikayu naik lebih dari 100% (Cock, 1985). Keberhasilan sistem mukibat didasarkan pada kemampuan batang atas (*Manihot glaziovii*) untuk menghasilkan tajuk yang lebat

dan fotosintesis yang tinggi, yang mendukung pengisian umbi pada batang bawah (*Manihot esculenta*). Selain itu, batang bawah memberikan sistem perakaran yang kuat dan adaptif terhadap kondisi lingkungan tertentu seperti kekeringan atau tanah marginal.

Keberhasilan sistem grafting Mukibat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dan kondisi lingkungan perakaran. Aplikasi berbagai jenis pupuk, baik pupuk anorganik, pupuk kandang kambing, maupun pupuk berbasis mikroba, berperan dalam menyediakan nutrisi yang dibutuhkan tanaman untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan umbi. Pupuk berbasis mikroba secara khusus diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan memperbaiki kondisi rizosfer, sehingga mendukung fungsi *sink* tanaman.

Pupuk berbasis mikroba (*biofertilizer*) yang mengandung mikroorganisme fungsional, seperti bakteri penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfat, diketahui mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara, memperbaiki kondisi rizosfer, serta merangsang pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon dan peningkatan aktivitas mikroba tanah (Khairullah *et al.*, 2014; Hridya *et al.*, 2014). Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa konsorsium mikroba fungsional mampu meningkatkan efisiensi penyerapan nitrogen dan fosfor, memperluas sistem perakaran, serta memperkuat kapasitas sink tanaman melalui peningkatan biomassa akar dan aktivitas metabolisme (Timofeeva *et al.*, 2023; Rochlani *et al.*, 2022). Pada tanaman umbi, efektivitas biofertilizer dilaporkan berkontribusi langsung terhadap peningkatan hasil. Vaishnavi *et al.* (2025) menunjukkan bahwa aplikasi bioinokulan berbasis PGPR dan *Trichoderma* mampu meningkatkan hasil tanaman umbi secara signifikan melalui perbaikan struktur tanah, peningkatan ketersediaan hara, dan penguatan sistem perakaran. Selain itu, mikrobioma rizosfer ubi kayu diketahui didominasi oleh bakteri penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfat yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Frediansyah, 2021).

Perbaikan lingkungan rizosfer yang diikuti oleh peningkatan efisiensi akuisisi hara diperkirakan mampu memperkuat kapasitas *sink* tanaman, sehingga mendukung proses pembentukan umbi yang lebih optimal pada sistem grafting

Mukibat. Sejalan dengan hal tersebut, Zuluaga *et al.* (2024) melaporkan bahwa aplikasi *biofertilizer* berbasis PGPR berperan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan hara oleh sistem perakaran melalui rekayasa komunitas mikroba rizosfer, yang pada akhirnya mendorong pertumbuhan tanaman secara lebih stabil dan berkelanjutan. Peningkatan kemampuan serapan hara ini berpotensi memperkuat fungsi sink serta menunjang perkembangan umbi secara optimal pada tanaman ubi kayu yang dibudidayakan dengan teknologi grafting Mukibat.

Selain faktor nutrisi, aplikasi auksin sebagai zat pengatur tumbuh berperan dalam merangsang pembentukan akar adventif, mempercepat penyatuan jaringan sambungan, serta meningkatkan kapasitas perakaran tanaman grafting. Sistem perakaran yang lebih baik akan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan hara, yang selanjutnya mendukung pertumbuhan vegetatif dan pengisian umbi. Zat pengatur tumbuh auksin, khususnya NAA dan IBA, berperan dalam merangsang pembentukan akar adventif, diferensiasi jaringan vaskular, serta mempercepat penyatuan jaringan sambungan pada proses grafting (Hartman *et al.*, 2011).

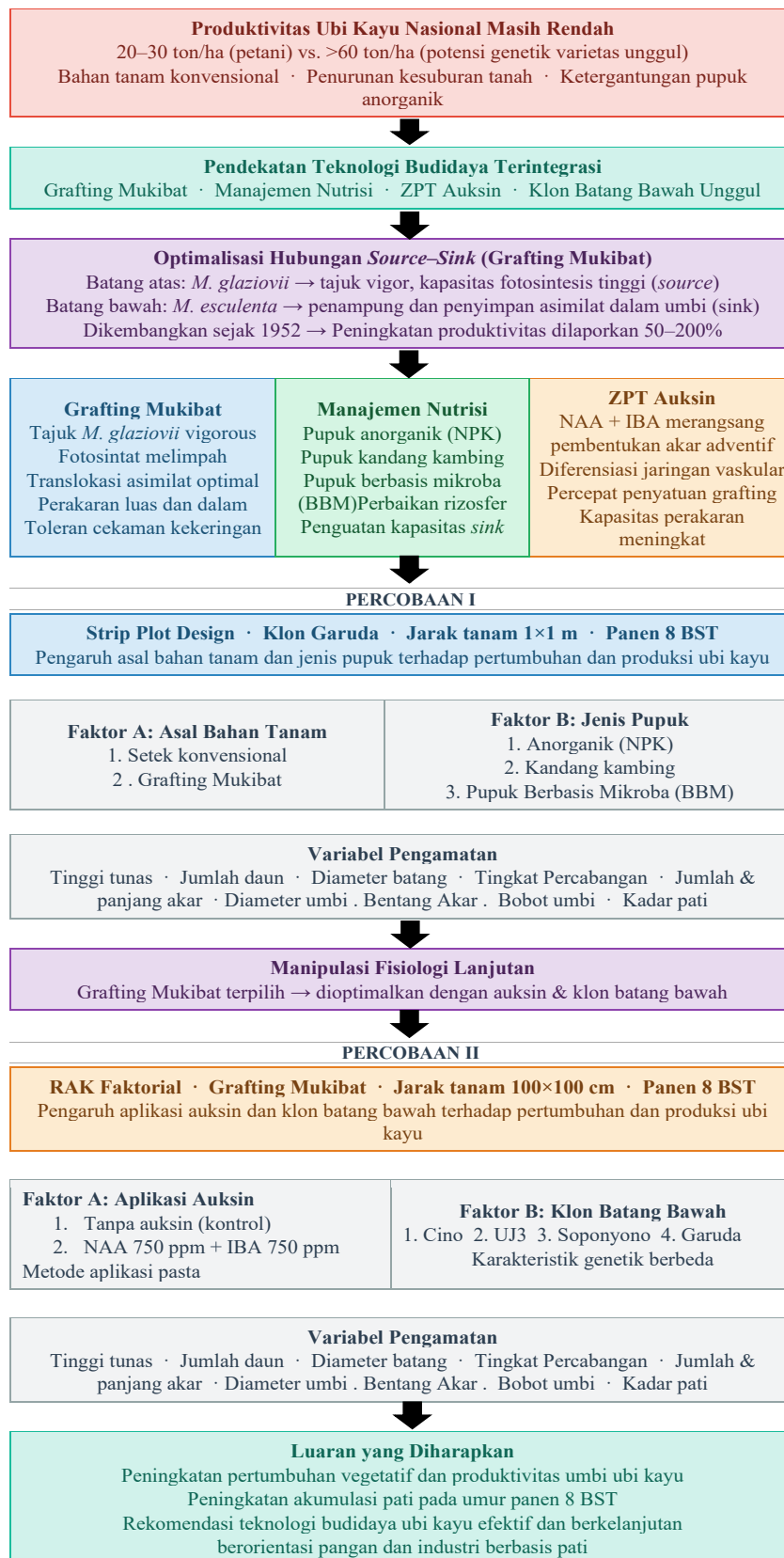
Aplikasi auksin pada fase awal pertumbuhan tanaman dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi pembentukan jaringan vaskular antara batang atas dan batang bawah, sehingga memperlancar transportasi air, hara, dan asimilat yang diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif dan pengisian umbi (Fauzan *et al.*, 2025). Dalam budidaya singkong, bobot umbi sangat dipengaruhi oleh jumlah akar produktif yang terbentuk. Oleh karena itu, pemberian zat pengatur tumbuh seperti *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) dan *Indole Butyric Acid* (IBA) digunakan untuk merangsang pembentukan akar adventif, meningkatkan daya serap unsur hara, serta mempercepat proses penyembuhan luka hasil sambungan. Menurut Hartman *et al.* (2011), auksin merupakan zat pengatur tumbuh utama dalam pembentukan akar adventif. NAA dan IBA adalah jenis auksin yang paling umum digunakan dalam perbanyakan vegetatif. Konsentrasi auksin yang tepat sangat penting untuk mengaktifkan sel-sel meristem agar berkembang lebih cepat dan mempercepat pemanjangan akar.

Penelitian Agustiansyah *et al.* (2018) menunjukkan bahwa aplikasi NAA 2000 ppm dan kombinasi IBA 1000 ppm + NAA 1000 ppm dalam bentuk pasta menghasilkan persentase berakar 100% pada cangkok jambu bol. Ardian (2013) juga melaporkan bahwa pemberian IBA 2000 ppm secara *quick dip* mampu meningkatkan jumlah tunas, daun, buku tunas baru, dan akar pada setek singkong. Ini membuktikan bahwa auksin sangat efektif dalam meningkatkan keberhasilan perbanyakan tanaman, termasuk pada teknik grafting.

Metode aplikasi auksin menggunakan pasta memiliki kelebihan karena dapat menghasilkan jumlah akar yang lebih banyak dibandingkan dengan larutan. Menurut Konrad (2001), pasta lebih efektif karena dapat menahan hormon pada lokasi target, seperti pada akar atau setek. Rugayah *et al.* (2012) melaporkan bahwa aplikasi IBA 400 ppm dalam bentuk pasta mampu meningkatkan jumlah akar primer hingga 11,8 helai pada bibit nanas.

Respons tanaman terhadap kombinasi teknik grafting, pemupukan, dan aplikasi auksin sangat dipengaruhi oleh perbedaan klon batang bawah. Setiap klon memiliki karakteristik genetik yang berbeda terkait pertumbuhan, arsitektur perakaran, dan kemampuan akumulasi hasil. Oleh karena itu, interaksi antara klon batang bawah, teknik grafting Mukibat, jenis pupuk, dan aplikasi auksin diperkirakan akan memengaruhi proses fisiologis tanaman, yang tercermin pada pertumbuhan vegetatif, jumlah akar produktif, bobot umbi, dan kadar pati.

Dengan demikian, kerangka pemikiran penelitian ini menempatkan asal bahan tanam, jenis pupuk, aplikasi auksin, dan klon batang bawah sebagai faktor perlakuan yang memengaruhi proses fisiologis tanaman, khususnya hubungan *source-sink* dan perkembangan sistem perakaran, yang pada akhirnya menentukan pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas ubi kayu pada umur panen 8 bulan setelah tanam. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknologi budidaya yang efektif dan berkelanjutan. Berikut ini adalah diagram kerangka pemikiran penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

1.4 Hipotesis

Percobaan I : Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi kayu Klon Garuda

1. Teknik grafting Mukibat menghasilkan pertumbuhan dan produksi ubi kayu Klon Garuda lebih tinggi dibandingkan setek konvensional.
2. Pemberian pupuk berbasis mikroba menghasilkan pertumbuhan dan produksi ubi kayu Klon Garuda lebih tinggi dibandingkan pupuk anorganik maupun pupuk kandang kambing.
3. Terdapat interaksi antara asal bahan tanam dan jenis pupuk, kombinasi grafting Mukibat dan pupuk berbasis mikroba menghasilkan pertumbuhan dan produksi ubi kayu Klon Garuda tertinggi.

Percobaan II : Pengaruh Aplikasi Auksin dan Klon Batang Bawah Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Grafting Mukibat

1. Aplikasi auksin kombinasi NAA 750 ppm + IBA 750 ppm meningkatkan pertumbuhan dan produksi ubi kayu grafting Mukibat dibandingkan tanpa aplikasi auksin.
2. Perbedaan klon batang bawah menghasilkan pertumbuhan dan produksi ubi kayu yang berbeda, dengan Klon Garuda dan Soponyono menghasilkan pertumbuhan dan produksi tertinggi.
3. Terdapat interaksi antara aplikasi auksin dan klon batang bawah, kombinasi auksin NAA 750 ppm + IBA 750 ppm dengan Klon Garuda atau Soponyono menghasilkan pertumbuhan dan produksi ubi kayu tertinggi

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz)

Ubi kayu atau singkong dengan nama latin *Manihot esculenta* Crantz, pertama kali ditemukan di Amerika Selatan dan mulai dibudidayakan pada masa prasejarah di Brazil dan Paraguay. Bentuk-bentuk modern dari spesies yang telah dibudidayakan dapat ditemukan tumbuh secara alami di Brazil Selatan. Meskipun terdapat banyak spesies *Manihot* liar, semua kultivar dari *Manihot esculenta* dapat dibudidayakan (Arifin *et al.*, 2012). Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) adalah tanaman tropis yang dikenal luas karena kemampuannya beradaptasi dengan baik terhadap berbagai kondisi iklim, lahan yang kurang subur, serta serangan hama dan penyakit (Diaguna *et al.*, 2022; Anwar *et al.*, 2023).

Tanaman ubi kayu termasuk dalam family *Euphorbiaceae* dapat tumbuh dengan mudah hampir di semua jenis tanah dan tahan terhadap serangan hama maupun penyakit. Ubi kayu memiliki kemampuan untuk tumbuh di lahan kering sistem perakarannya yang dalam, yang dapat menjangkau hingga kedalaman 1 meter untuk menyerap nutrisi dari berbagai jenis tanah. Hal ini memungkinkan ubi kayu untuk tumbuh dan berkembang dengan baik di tanah-tanah marginal (Fauzi *et al.*, 2015). Produksi maksimum ubi kayu dapat dicapai dalam kondisi tertentu, yaitu di dataran rendah tropis pada ketinggian 150 meter di atas permukaan laut, dengan suhu rata-rata antara 25 hingga 27 °C. Namun, beberapa varietas ubi kayu juga dapat tumbuh pada ketinggian yang melebihi 150 meter di atas permukaan laut (Fauzi *et al.*, 2015).

Menurut Subandi (2009), batang tanaman singkong memiliki bentuk bulat dengan diameter antara 2,5 hingga 4 cm, bersifat berkayu, dan memiliki ruas-ruas. Tinggi tunas dapat mencapai antara 1 hingga 4 meter. Warna batangnya bervariasi

tergantung pada kulit luar, meskipun batang yang masih muda. pada umumnya berwarna hijau dan pada saat tua berubah keputih-putihan, kelabu, hijau kelabu atau coklat kelabu. Empulur batang berwarna putih, lunak, dan strukturnya empuk seperti gabus. Singkong memiliki sistem perakaran tunggang atau dikotil. Batang singkong bulat dan bergerigi yang disebabkan dari bekas pangkal tangkai daun, bagian tengahnya bergabus dan termasuk tumbuhan tingkat tinggi. Bunga pada tanaman singkong muncul pada ketiak percabangan (Subandi, 2009). Tanaman singkong bunganya berumah satu (*monocious*) dan kematangan bunga jantan serta bunga betina berbeda waktunya sehingga proses penyerbukannya bersifat silang.

Daun ubi kayu memiliki tangkai yang panjang, dengan helaian daun yang menyerupai telapak tangan. Setiap tangkai biasanya memiliki sekitar 3 hingga 8 lembar daun, dengan tepi daun yang rata dan susunan tulang daun yang berbentuk menjari. Bentuk umbi singkong bervariasi, tetapi umumnya berbentuk silinder dan meruncing, sementara beberapa di antaranya juga memiliki cabang. Ubi singkong yang terbentuk merupakan akar yang berubah bentuk dan fungsinya sebagai tempat penyimpanan makanan cadangan. Ubi berbentuk bulat memanjang dan tiap tanaman menghasilkan 5-10 buah. Secara morfologis, bagian ubi dibedakan menjadi tangkai, ubi, dan bagian ekor pada bagian ujung ubi. Tangkai ujung bervariasi dari sangat pendek (< 1 cm) hingga panjang (> 6 cm) (Saleh *et al.*, 2017). Bentuk ubi beragam mulai agak gemuk membulat, lonjong, pendek hingga memanjang. Bagian dalam singkong berwarna putih atau kekuning-kuningan. Secara taksonomi ubi kayu adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
 Divisi : Spermatophyta
 Subdivisi : Angiospermae
 Kelas : Dicotyledonae
 Ordo : Euphorbiales
 Famili : Euphorbiaceae
 Genus : Manihot

Species : *Manihot esculenta* Crantz

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan tanaman umbi tropis yang memiliki kemampuan adaptasi luas terhadap berbagai kondisi agroekologi, termasuk lahan dengan ketersediaan air dan unsur hara yang terbatas. Tanaman ini dikenal memiliki potensi hasil tinggi karena kemampuannya menghasilkan biomassa besar dan mempertahankan produktivitas pada lingkungan suboptimal (Gleadow *et al.*, 2009).

Secara fisiologis, produktivitas ubi kayu sangat ditentukan oleh hubungan antara organ sumber fotosintat (*source*) dan organ penyimpan (*sink*). Daun berfungsi sebagai sumber utama fotosintat, sedangkan umbi berperan sebagai organ penyimpan hasil asimilat dalam bentuk pati. Efisiensi hubungan *source-sink* menjadi faktor kunci dalam proses pengisian umbi dan pencapaian hasil akhir (Amarullah *et al.*, 2017). Perkembangan sistem perakaran ubi kayu memiliki peranan penting dalam mendukung proses fisiologis tanaman, khususnya dalam penyerapan air dan unsur hara yang diperlukan untuk pembentukan biomassa dan pengisian umbi. Sistem perakaran yang berkembang dengan baik akan meningkatkan efisiensi serapan hara, yang selanjutnya mendukung aktivitas fotosintesis dan akumulasi asimilat pada umbi sebagai *sink* utama (Vandeger *et al.*, 2013).

Ubi kayu memiliki keragaman genetik yang luas, yang tercermin dalam perbedaan karakter pertumbuhan, arsitektur tajuk, sistem perakaran, serta kapasitas pembentukan dan pengisian umbi antar Klon. Perbedaan tersebut menyebabkan setiap Klon memiliki potensi hasil yang berbeda-beda, terutama dalam efisiensi hubungan *source-sink*. (Larounga *et al.*, 2022). Penelitian menunjukkan bahwa variasi Klon ubi kayu berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, indeks luas daun, jumlah umbi, bobot umbi, serta hasil umbi per satuan luas. Klon tertentu mampu menghasilkan biomassa tajuk yang besar dan mendukung suplai asimilat yang optimal menuju organ penyimpanan, sehingga berpotensi menghasilkan umbi dengan bobot yang lebih tinggi (Eguiluz *et al.*, 2019).

Selain itu, perbedaan genotipe juga memengaruhi efisiensi pembagian hasil fotosintesis ke dalam umbi, yang dikenal sebagai *efficiency of storage root production* (ESRP). Klon dengan nilai ESRP tinggi mampu mengalokasikan proporsi biomassa yang lebih besar ke umbi dibandingkan ke tajuk, sehingga menghasilkan produktivitas umbi yang lebih tinggi (Veltkamp, 1985).

Keragaman klon juga menentukan respons tanaman terhadap lingkungan, termasuk ketersediaan air dan stres abiotik. Beberapa klon menunjukkan kemampuan mempertahankan fotosintesis dan pertumbuhan umbi meskipun terjadi defisit air, sehingga tetap mampu menghasilkan umbi secara stabil (Osundare dan Oyebamiji, 2017).

Dalam konteks teknologi mukibat, pemilihan klon sebagai batang bawah menjadi faktor penting karena klon dengan sistem perakaran kuat dan kapasitas sink tinggi akan lebih efektif menerima dan menyimpan hasil fotosintesis dari batang atas. Oleh karena itu, kombinasi klon yang tepat pada teknik mukibat diharapkan mampu meningkatkan efisiensi hubungan *source-sink* dan pada akhirnya meningkatkan hasil umbi ubi kayu (Sonnewald *et al.*, 2020).

2.1.1 Ubi Kayu Klon Garuda

Klon Garuda merupakan klon lokal dengan keunggulan produksi tinggi, yakni mencapai 40-60 t/ha (Youtube, 2023). Klon Garuda dikenal sebagai varietas dengan potensi kandungan pati yang tinggi. Namun, detail spesifik mengenai kandungan pati Klon Garuda secara resmi masih terbatas dalam literatur yang tersedia, terutama karena varietas ini belum dilepas secara resmi oleh Kementerian Pertanian RI. Pada umumnya, singkong atau ubi kayu unggul dengan kualitas industri memiliki kandungan pati yang berkisar antara 25-35% dari berat umbi basah. Jika Klon Garuda memiliki karakteristik unggul dalam produktivitas dan kualitas umbi, kemungkinan kandungan patinya berada dalam kisaran tersebut, namun untuk mendapatkan angka pasti diperlukan uji laboratorium atau referensi resmi terkait hasil penelitian varietas ini. Klon Garuda cenderung menghasilkan umbi yang seragam dengan kulit yang halus, memudahkan proses panen dan pengolahan. Klon ini juga memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lahan, baik di dataran rendah

maupun dataran tinggi. Adapun keunggulan dari klon ini adalah pertumbuhannya cepat dan tidak mudah renggang/kerenggang, lebih tahan jamur (potensi terserang jamur kecil), mudah di cabut dan tidak mudah rontok jika dicabut (Youtube, 2023). Karakteristik Klon Garuda memiliki daun pucuk yang berwarna hijau muda, warna tangkai atas dan tangkai bawah yaitu merah, warna batang yaitu perak dan bentuk daunnya yaitu lanset. Warna korteks batang singkong Garuda berwarna hijau gelap dan tunas pucuk berwarna hijau tua. Kulit ubi kayu Klon Garuda memiliki warna coklat terang, sementara korteks ubi didominasi oleh warna putih dan krem. Bentuk ubi ini silinder yang mengerucut, dengan daging ubi berwarna putih (Kotto *et al.*, 2020).

2.1.2 Ubi Kayu Klon UJ3

Berdasarkan karakterisasi yang dilakukan oleh Fiska (2019), Klon UJ3 memiliki memiliki Pucuk daun berwarna hijau muda, dengan tangkai berwarna hijau kemerahan, tetapi batangnya berwarna perak. Kulit luar ubi berwarna kuning, bentuk ubi silinder yang mengerucut, daging ubi berwarna krim, dan korteks ubi berwarna putih. Sedangkan menurut Pranowo *et al* (2021) Klon UJ3 memiliki karakteristik daun dengan tunas pucuk berwarna hijau muda, daun berwarna hijau gelap yang berbentuk lancelote, serta memiliki lima lobus dengan tulang daun berwarna hijau kemerahan. Dari segi batang, korteksnya berwarna hijau terang, kulit luar batang berwarna coklat terang, epidermisnya berwarna krim, dan bagian ujung percabangan batang berwarna hijau. Kulit ubi Klon ini berwarna coklat terang dengan korteks berwarna krim, sedangkan daging ubi berwarna krim dan berbentuk kerucut. Klon ubi kayu UJ3 (UJ-3) adalah Klon yang diperkenalkan dari UJ3 dan dirilis pada 25 Februari 2000. Klon ini memiliki kadar pati yang cukup tinggi, yaitu antara 20-27%, dengan potensi hasil mencapai 20-35 ton per hektar dan dapat dipanen dalam waktu 8-10 bulan. Klon ini banyak ditanam di Provinsi Lampung untuk memenuhi kebutuhan industri tapioka.

2.1.3 Ubi Kayu Klon Cino

Klon Cino adalah salah satu klon yang banyak ditanam di Provinsi Lampung. Klon ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain jumlah umbi yang dihasilkan

lebih banyak dan bobot umbi segar per tanaman yang tinggi, sehingga potensi produksinya dapat mencapai 60 ton per hektar. Ciri-ciri Klon Cino meliputi kulit umbi yang sedikit berwarna putih kecoklatan, ukuran umbi yang besar, jari-jari daun yang panjang, serta daun yang berwarna hijau gelap dan mengkilap. Batangnya berukuran kecil dan berwarna hijau gelap, sedangkan tangkai daun memiliki warna kemerahan. Klon Cino dapat dipanen setelah berumur tujuh bulan (Tani Bertopeng, 2023).

2.1.4 Ubi Kayu Klon Sopyonyo

Klon Sopyonyo merupakan salah satu klon lokal hasil pengembangan di Indonesia yang memiliki pertumbuhan tanaman yang cepat dan bentuk tegak dengan cabang sedikit hingga sedang. Tanaman ini mampu menghasilkan umbi dengan produksi tinggi, berkulit coklat muda hingga coklat tua dan daging umbi berwarna putih kekuningan dengan tekstur padat dan berserat halus. Waktu panen klon ini berkisar antara 8–10 bulan setelah tanam, tergantung pada kondisi lingkungan. Sopyonyo diketahui memiliki ketahanan yang baik terhadap penyakit antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*) serta toleransi sedang terhadap rebah putih (*Sclerotium rolfsii*). Selain itu, klon ini adaptif terhadap berbagai jenis tanah, termasuk lahan marginal, serta tahan terhadap kekeringan ringan. Dengan kadar pati yang cukup tinggi, Klon Sopyonyo sangat potensial untuk dijadikan bahan pangan pokok alternatif maupun bahan baku industri seperti bioetanol.

2.2 Singkong Karet (*Manihot glaziovii* Mueller)

Singkong karet adalah salah satu jenis umbi-umbian atau akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm. Singkong jenis ini dapat dijadikan bahan pakan alternatif oleh para peternak tradisional. Dikatakan demikian karena didukung dengan fakta bahwa singkong karet ini merupakan sumber karbohidrat namun minim protein, selain itu singkong karet dapat tumbuh dengan mudah di semua jenis tanah, mampu bertahan dari hama ataupun penyakit tanaman, dan jarang dikonsumsi oleh manusia karena memiliki rasa yang pahit, sehingga ketersediaannya sangat banyak. Singkong

karet sebagai salah satu sumber karbohidrat karena merupakan penghasil kalori terbesar dibandingkan tanaman lain seperti jagung, beras, sorghum dan gandum. Sistematika (taksonomi) tanaman singkong atau ubi kayu diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Super Divisi : Spermatophyta
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Dicotyledonae
 Sub Kelas : Rosidae
 Ordo : Euphorbiales
 Famili : Euphorbiaceae
 Genus : Manihot
 Spesies : *Manihot glaziovii* Mueller

Singkong karet (*Manihot glaziovii*) merupakan salah satu spesies dalam genus *Manihot* yang dicirikan oleh vigor tajuk yang tinggi, luas daun yang relatif besar, serta kemampuan fotosintesis yang unggul. Walaupun tidak dimanfaatkan sebagai tanaman pangan akibat tingginya kandungan senyawa sianogenik, spesies ini memiliki potensi fisiologis yang signifikan sebagai penyedia fotosintat (*source*) dalam sistem budidaya berbasis grafting (Raemakers *et al.*, 1997). Singkong karet (*Manihot glaziovii* Mueller) jenis singkong yang kurang dimanfaatkan Masyarakat sebagai bahan pangan karena mengandung senyawa beracun seperti asam sianida (HCN) dengan kadar pati 98,5% (Karuniawan,2017). Kandungan pati tinggi yang terdapat pada singkong karet biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan etanol. Singkong karet dapat tumbuh pada semua jenis tanah dan tahan hama dan penyakit (Arifwan *et al.*,2016).

Keunggulan fisiologis singkong karet terutama ditunjukkan oleh laju pertumbuhan tajuk yang cepat, nilai indeks luas daun yang tinggi, serta aktivitas fotosintesis

yang lebih intens dibandingkan ubi kayu budidaya. Karakteristik tersebut memungkinkan singkong karet menghasilkan pasokan asimilat dalam jumlah besar, sehingga memiliki potensi tinggi untuk dimanfaatkan sebagai batang atas dalam sistem grafting Mukibat guna meningkatkan ketersediaan fotosintat bagi batang bawah ubi kayu (Bangthong *et al.*, 2021).

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Manihot glaziovii* sebagai batang atas pada ubi kayu budidaya mampu meningkatkan laju fotosintesis, konduktansi stomata, serta vigor pertumbuhan vegetatif tanaman hasil sambungan. Peningkatan aktivitas fisiologis tersebut berkontribusi secara langsung terhadap peningkatan bobot dan mutu umbi pada batang bawah, baik pada kondisi musim hujan maupun musim kemarau (Bangthong *et al.*, 2021). Selain berperan dalam peningkatan suplai fotosintat, kompatibilitas grafting antara *M. glaziovii* dan *M. esculenta* dilaporkan sangat baik, ditandai oleh tingkat keberhasilan sambungan yang tinggi serta pertumbuhan awal tanaman yang lebih vigor dibandingkan tanaman tanpa perlakuan grafting. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antarspesies dalam genus *Manihot* mampu membentuk hubungan fisiologis yang bersifat sinergis.

Dalam konteks penerapan teknologi Mukibat, singkong karet memiliki peran strategis sebagai batang atas karena berfungsi sebagai sumber fotosintat utama (*source*) yang mendukung peningkatan kapasitas sink pada batang bawah ubi kayu budidaya. Optimalisasi keseimbangan *source-sink* melalui pemanfaatan singkong karet sebagai batang atas diharapkan dapat meningkatkan efisiensi akumulasi asimilat pada umbi dan pada akhirnya menghasilkan produktivitas ubi kayu yang lebih tinggi (Sonnewald *et al.*, 2020).

2.3 Teknik Grafting Mukibat

Penelitian mengenai teknik grafting pada tanaman ubi kayu di Indonesia sebenarnya telah dikenal sejak beberapa dekade lalu, tetapi penerapannya secara ilmiah dan sistematis baru benar-benar digiatkan dalam dua dekade terakhir. Di Universitas Lampung, studi tentang grafting ubi kayu mulai dirintis pada tahun 2015. Pada tahap awal, penelitian tersebut berfokus pada pemanfaatan singkong karet (*Manihot glaziovii*) sebagai batang bawah untuk mengembangkan pohon

induk yang mampu menghasilkan stek batang berkualitas secara berkelanjutan dipanen setiap 4 hingga 6 bulan. Pendekatan ini kemudian dikukuhkan dalam bentuk paten (Utomo *et al.*, 2022; Paten Indonesia No. IDS000004687), dan seluruh prosedur teknisnya telah dirangkum dalam sebuah buku ajar (Utomo *et al.*, 2024).

Teknik grafting mukibat merupakan salah satu inovasi agronomis dalam budidaya ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tanaman melalui pendekatan fisiologis berbasis hubungan *source–sink*. Sistem ini dilakukan dengan cara menyambungkan batang atas dari singkong karet (*Manihot glaziovii*) yang dikenal memiliki kanopi lebat, daun besar, dan aktivitas fotosintesis tinggi dengan batang bawah berupa varietas ubi kayu unggul yang memiliki potensi hasil umbi tinggi. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh M. A. Mukibat, seorang guru di Banyuwangi, Jawa Timur, pada dekade 1950-an (De Bruijn *et al.*, 1974). Sejak saat itu, metode ini terus dikembangkan, terutama dalam upaya memenuhi kebutuhan bahan baku bioetanol yang semakin meningkat.

Keunggulan utama teknik Mukibat terletak pada optimalisasi hubungan *source–sink* tanaman. Batang atas singkong karet berfungsi sebagai sumber fotosintat (*source*) yang memiliki kapasitas fotosintesis tinggi, sedangkan batang bawah ubi kayu berperan sebagai organ penyimpan (*sink*) yang menimbun hasil asimilat dalam bentuk umbi. Kombinasi ini memungkinkan peningkatan suplai karbon ke umbi sehingga mendukung peningkatan bobot dan jumlah umbi (Bangthong *et al.*, 2021). Menurut Gardner *et al.* (1991), tanaman budidaya yang efisien cenderung mengalokasikan sebagian besar energi awal pertumbuhannya untuk memperluas permukaan daun, sehingga mampu menangkap radiasi matahari secara optimal. Cock (1992) menambahkan bahwa tanaman ubi kayu dengan luas daun tidak kurang dari 500 cm², cabang pertama yang muncul dalam enam bulan pertama, serta umur daun individual lebih dari 100 hari, cenderung mencapai keseimbangan ideal antara *source* dan *sink*, yang berujung pada peningkatan hasil umbi.

Secara fisiologis, tanaman hasil sambung Mukibat menunjukkan peningkatan laju fotosintesis, konduktansi stomata, dan pertumbuhan vegetatif dibandingkan tanaman non-grafting. Peningkatan aktivitas fisiologis tersebut berkorelasi positif dengan peningkatan hasil umbi, terutama pada kondisi lingkungan suboptimal seperti musim kering (Bangthong *et al.*, 2021).

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa penerapan teknik mukibat mampu meningkatkan produktivitas ubi kayu hingga 50–200%, tergantung pada varietas, kondisi lahan, dan intensitas pengelolaan (De Bruijn dan Guritno, 1990; Cock, 1985). Di lahan percobaan KP Genteng, misalnya, varietas seperti Adira-4, UJ-5, Kaspro, dan Lokal Dampit yang ditanam dengan sistem sambung mukibat menghasilkan 90,4–99,7 ton/ha, jauh melampaui hasil stek biasa yang hanya berkisar antara 54,3–61,9 ton/ha (Radjit *et al.*, 2009). Di tingkat lapangan, hasil ubi kayu mukibat di Kabupaten Banyuwangi, Gunung Kidul, dan Lampung Tengah juga tergolong tinggi, masing-masing mencapai 59–72 ton/ha (Radjit *et al.*, 2010).

Secara agronomis, ubi kayu mukibat memiliki sejumlah keunggulan, seperti produktivitas tinggi, daya tahan terhadap naungan, sistem perakaran yang mampu menembus tanah padat, serta kemampuan bertahan di musim kering. Namun, adopsinya di kalangan petani masih terkendala oleh beberapa faktor, antara lain: keterbatasan ketersediaan batang atas ketela karet di sejumlah wilayah, kurangnya keterampilan petani dalam membuat sambungan, kebutuhan akan penyangga batang di daerah berangin kencang, serta kesulitan panen karena ukuran umbi yang besar dan dalam (Nugroho *et al.*, 1985; Radjit *et al.*, 2010).

Ernawati (2010) mengatakan bahwa budidaya ubikayu sambung dianggap sebagai alternatif yang sesuai untuk meningkatkan produksi ubi kayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik budidaya ubi kayu dengan metode sambung dan perlakuan lubang tanam rata-rata menghasilkan pertumbuhan tanaman dengan persentase tumbuh sebesar 83,67% dan tinggi tunas mencapai 126,60 cm. Upaya untuk meningkatkan kompatibilitas antara batang bawah dan batang atas melalui teknik penyambungan atau okulasi pada ubi kayu diharapkan dapat meningkatkan hasil tanaman. Kompatibilitas yang baik antara batang bawah dan batang atas

dapat menghasilkan tanaman dengan vigor yang lebih baik. Sebaliknya, sambungan yang kurang sesuai dapat menghambat pertumbuhan dan menyebabkan pembengkakan pada batang di sekitar area okulasi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rahmatika dan Setyawan (2018), pertautan jaringan pada perlakuan sudah terlihat dengan berkurangnya bekas sayatan dari sambungan, dan kambium antara kedua batang yang disambungkan telah lebih menyatu, yang dapat meningkatkan proses pengangkutan unsur hara dan nutrisi ke seluruh bagian tanaman. Hartman *et al.* (1990) menyatakan bahwa keberhasilan sambungan dipengaruhi oleh kompatibilitas antara batang atas dan batang bawah untuk dapat menyatu dengan baik. Selama pembentukan kalus, kerapatan antara komponen sambungan sangat penting, karena kekuatan sambungan bergantung pada hubungan antara batang atas dan batang bawah. Keberhasilan sambungan sangat ditentukan oleh pertautan yang erat dari kambium kedua batang yang disambungkan.

Keberhasilan teknik Mukibat juga ditentukan oleh kompatibilitas grafting antara batang atas dan batang bawah. Penelitian menunjukkan bahwa sambungan antara *M. glaziovii* dan *M. esculenta* memiliki tingkat kompatibilitas yang tinggi, ditandai dengan keberhasilan sambung yang baik dan pertumbuhan awal tanaman yang lebih vigor dibandingkan tanaman tanpa sambung (Latif, 2015). Selain itu, teknik Mukibat berpotensi meningkatkan efisiensi alokasi asimilat ke organ penyimpan melalui penguatan kapasitas *sink*. Studi mengenai manipulasi *source-sink* pada ubi kayu menunjukkan bahwa peningkatan suplai fotosintat dan optimalisasi distribusi asimilat berkontribusi langsung terhadap peningkatan bobot dan hasil umbi (Amarullah *et al.*, 2017).

Tirtawinata (2003) menjelaskan bahwa kegagalan grafting dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti jumlah sambungan yang bertaut relatif kecil, perbedaan laju pertumbuhan antara batang bawah dan batang atas, defisiensi hara atau hormon tumbuh pada kedua klon tanaman yang disambungkan, serta translokasi nutrisi yang tidak normal. Selain itu, adanya banyak getah yang mengeras pada luka sambungan, infeksi penyakit, rendahnya kemampuan beberapa klon dalam memproduksi kalus, bentuk potongan grafting yang tidak sesuai, bidang

persentuhan kambium yang tidak tepat, dan keterampilan pelaksana grafting juga dapat mempengaruhi tingkat keberhasilan penyambungan.

Berdasarkan uraian tersebut, teknik grafting Mukibat memiliki dasar fisiologis yang kuat sebagai teknologi peningkatan produktivitas ubi kayu melalui perbaikan hubungan *source-sink*, peningkatan kapasitas fotosintesis, dan optimalisasi fungsi organ penyimpan. Oleh karena itu, teknik ini berpotensi dikombinasikan dengan perlakuan lain seperti penggunaan zat pengatur tumbuh dan pengelolaan hara untuk memperoleh hasil yang lebih optimal.

2.4 Peningkatan Produktivitas Ubi Kayu Melalui Grafting Mukibat

Peningkatan produksi tanaman ubi kayu diperlukan penerapan teknologi budidaya yang mampu memperbesar hasil per tanaman. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penggunaan klon-klon ubi kayu dengan kapasitas *source* (sumber fotosintat) yang tinggi, atau mengombinasikan klon yang memiliki *source* kuat dengan klon yang memiliki *sink* (tempat penyimpanan fotosintat) besar. Strategi semacam ini bertujuan menciptakan keseimbangan fisiologis optimal antara produksi dan alokasi asimilat, yang pada akhirnya mendorong peningkatan hasil umbi. Salah satu teknologi yang mewujudkan prinsip ini adalah teknologi mukibat.

Ubi kayu mukibat adalah tanaman hasil penyambungan (grafting) antara ubi karet (*Manihot glaziovii*) sebagai batang atas dan ubi kayu biasa (*Manihot esculenta*) sebagai batang bawah. Pemilihan ubi karet sebagai batang atas didasarkan pada karakteristik fisiologisnya yang unggul, yaitu memiliki kapasitas sumber fotosintat yang tinggi, daun yang besar, serta warna hijau tua kondisi yang mendukung luas daun lebih luas dan laju fotosintesis lebih efisien.

Menurut Goldsworthy dan Fisher (1992), pada tanaman ubi kayu terjadi alokasi fotosintat secara bersamaan antara pengembangan daun dan pertumbuhan akar yang bernilai ekonomis. Dengan kata lain, fotosintat yang dihasilkan tidak sepenuhnya dialirkan ke umbi, melainkan juga digunakan untuk mempertahankan dan memperluas kanopi daun. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat indeks luas

daun optimum yang diperlukan agar pertumbuhan akar khususnya umbi dapat dimaksimalkan.

Melalui teknik mukibat, dilakukan suatu rekayasa fisiologis untuk memperkuat keseimbangan antara *source* (sumber fotosintat) dan *sink* (tempat penyimpanan fotosintat). Dengan mempertahankan kanopi yang lebih efisien dari ubi karet dan memanfaatkan potensi hasil umbi dari varietas ubi kayu unggul sebagai batang bawah, diharapkan produktivitas tanaman secara keseluruhan dapat meningkat secara signifikan.

Karakteristik daun ubi karet yang berukuran besar dan berwarna hijau tua diharapkan mampu menangkap serta memanfaatkan radiasi matahari secara lebih efisien. Hal ini sejalan dengan pernyataan Gardner *et al.* (1991) bahwa tanaman budidaya yang efisien umumnya mengalokasikan sebagian besar energi pada fase awal pertumbuhannya untuk memperluas daun, sehingga mampu menyerap cahaya matahari secara maksimal. Kemudian, Cock (1992) menjelaskan bahwa tanaman ubi kayu dengan potensi hasil tinggi umumnya memiliki tiga ciri fisiologis utama: (1) luas daun tidak kurang dari 500 cm², (2) cabang pertama muncul dalam enam bulan setelah tanam, dan (3) umur daun individu melebihi 100 hari. Kombinasi ketiga sifat tersebut menciptakan keseimbangan optimal antara *source* (daun sebagai penghasil fotosintat) dan *sink* (akar sebagai tempat penyimpanan umbi).

Dengan menggunakan ubi karet sebagai batang atas dalam teknik mukibat, tanaman diharapkan mampu mempertahankan laju fotosintesis maksimum dalam jangka waktu yang lebih lama. Pada ubi kayu, proses akumulasi pati di umbi terjadi justru ketika daun masih aktif berfotosintesis bukan saat aktivitas fotosintesis mulai menurun akibat penuaan. Oleh karena itu, peningkatan laju pertumbuhan tanaman, terutama yang didorong oleh ekspansi dan daya tahan kanopi daun, berpotensi meningkatkan hasil umbi hingga dua kali lipat, sekaligus menaikkan nilai Indeks luas daun (LAI) optimum.

Temuan Alves (2002) memperkuat argumen ini dengan menunjukkan adanya korelasi positif antara luas daun serta lamanya daun mempertahankan fungsinya dengan hasil umbi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa luas daun bukan hanya

Variabel morfologis, melainkan faktor kritis yang menentukan efisiensi pertumbuhan dan akumulasi fotosintat pada bagian penyimpanan dalam tanaman singkong.

Hasil penelitian Ahit *et al.* (1981) menunjukkan bahwa penerapan teknologi mukibat mampu meningkatkan pertumbuhan serta hasil ubi kayu secara signifikan. Tanaman yang dihasilkan memiliki struktur lebih tinggi, diameter akar lebih besar, biomassa umbi lebih berat, serta indeks luas daun (LAI) yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman ubi kayu yang ditanam menggunakan stek biasa. Lebih lanjut, De Bruijn dan Guritno (1990) melaporkan bahwa penerapan sistem mukibat dapat meningkatkan produksi ubi kayu antara 30% hingga lebih dari 100%, tergantung pada kondisi agroekosistem dan praktik budidaya di wilayah penanaman. Temuan ini menegaskan potensi teknologi mukibat sebagai salah satu strategi peningkatan produktivitas tanaman ubi kayu, terutama di lahan-lahan dengan keterbatasan input atau kesuburan tanah yang rendah.

2.5 Setek Batang Singkong

Batang ubi kayu yang ideal dijadikan sebagai bibit adalah bagian bawah yang sudah berkayu, terutama di bagian tengah batang. Batang yang masih muda dan berwarna hijau memiliki daya tumbuh yang rendah serta hasil umbi yang juga rendah. Menurut Guritno (2005) setek singkong yang baik adalah yang berasal dari bagian bawah dengan ukuran panjang 25 cm, diameter 2,25-2,50 cm dan berasal dari tanaman berumur 11-13 bulan.

2.6 Sambung Miring (*Splice grafting*)

Metode penyambungan miring (*splice grafting*) sangat berguna untuk tanaman yang cepat membentuk jaringan kalus. Berdasarkan Hartman *et al.* (2011), teknik grafting menawarkan beberapa manfaat utama: 1) memperbaiki tanaman yang mengalami kerusakan; 2) menggabungkan kelebihan karakteristik dari batang atas dan bawah guna menghasilkan tanaman yang lebih unggul; 3) memperpendek waktu siklus perkembangbiakan tanaman; dan 4) menyegarkan tanaman tua atau mengganti varietas lama dengan Klon baru. Penting dicatat bahwa efektivitas

grafting pada tanaman kayu dapat berkurang apabila entres disimpan terlalu lama, sebab kadar airnya menurun (Hartman *et al.*, 2010).

Kunci kesuksesan grafting bergantung pada pembentukan sambungan yang kokoh. Faktor utama yang memengaruhi hal ini adalah kontak yang rapat antara lapisan kambium kedua batang serta pengikatan yang erat untuk mencegah pergeseran sambungan. Kondisi tersebut mendorong terbentuknya kalus yang padat dan terintegrasi, yang selanjutnya memperkuat ikatan. Penelitian Sitompul dan Guritmo (1995) mengungkapkan bahwa komponen batang seperti karbohidrat, lemak, dan protein mengalami perubahan enzimatik. Proses ini krusial untuk mendukung pembentukan struktur tanaman baru seperti tunas dan mengaktifkan embrio. Menurut Hartman *et al.* (2011), penyatuan sambungan (*graft union*) dalam grafting bisa berhasil apabila beberapa kondisi terpenuhi :

- a. Batang atas dan batang bawah harus menyatu dengan erat.
- b. Terjadi respons penyembuhan luka, lapisan sel terluar yang disayat mengalami nekrosis (kematian sel). Setelah itu, jaringan kalus akan tumbuh di belakang area yang nekrosis ini sebagai bagian dari proses penyembuhan luka. Kalus ini berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan batang atas dan batang bawah.
- c. Respons penyembuhan luka diikuti dengan pelarutan lapisan nekrotik, yang kemudian memicu pembentukan kambium baru pada kalus.
- d. Terbentuknya pembuluh xilem (untuk transportasi air) dan floem (untuk transportasi makanan) baru di bagian luar, yang akan menghubungkan sistem vaskular batang atas dan batang bawah secara fungsional.

2.7 Pengeratan Batang Sebagai Stimulasi Pembentukan Akar Adventif

Pengeratan disebut juga dengan pelukaan pada fisik batang ubi kayu. Pengeratan melibatkan pengupasan sebagian kecil kulit batang tanaman, dengan tujuan utama menghambat aliran asimilat ke arah bawah. Hal ini menyebabkan senyawa organik, khususnya auksin dan karbohidrat, menumpuk di sekitar area luka. Penumpukan tersebut menciptakan lingkungan fisiologis yang mendukung pemicu pembentukan akar adventif, sehingga mempercepat proses akar baru di jaringan dekat lokasi pengeratan (Rochiman dan Harjadi, 1983).

Teknik pengeratan ini diharapkan mampu mendorong pembentukan akar-akar baru dalam jumlah yang lebih besar. Hal ini berfungsi sebagai titik munculnya akar melalui luka dan memicu interaksi positif yang dimulai dengan induksi akar, yang bergantung pada spesies tanaman (Rahman *et al.* 2012). Melalui pengeratan, luas permukaan untuk pertumbuhan akar menjadi lebih luas, sehingga meningkatkan peluang pertumbuhan akar dan umbi kayu yang lebih banyak.

Kriteria pelukaan pada setek batang atau pengeratan sebaiknya tidak sampai merusak bagian dalam batang secara mendalam, karena hal itu dapat mengakibatkan kematian setek akibat terhentinya aliran asimilat dari bagian atas ke area pertumbuhan akar. Berdasarkan penelitian Asmara *et al.* (2022), pengeratan pada ubi kayu menghasilkan panjang akar produktif mencapai 17,97 cm dengan total 41,42 buah akar pada usia 8 minggu setelah tanam, dibandingkan dengan kontrol yang hanya mencapai 14,3 cm panjang akar produktif dan 18,84 buah total akar. Pelukaan ini memfasilitasi penyerapan auksin oleh tanaman dengan lebih mudah dan mempercepatnya mencapai kambium untuk mendorong proses pengakaran. Biasanya, pelukaan dilakukan sebanyak 1-4 buah dengan panjang 2,5-5 cm pada setek berukuran 20-25 cm (Haryono, 2022). Pada penelitian ini keratan yang digunakan adalah model zig-zag dengan panjang 1,5 cm dengan kedalaman 1 mm dan jarak antar keratannya 2,5 cm.

2.8 Auksin

Zat pengatur tumbuh adalah senyawa organik non-hara, meskipun dalam jumlah kecil, dapat merangsang, menghambat, dan memodifikasi proses fisiologis pada tanaman. Salah satu jenis ZPT adalah auksin, yang berfungsi untuk mempercepat pembentukan akar pada tanaman (Alpriyan dan Karyawati, 2018). Auksin ditemukan di meristem pada ujung akar dan batang tanaman. Menurut Asra *et al.* (2020), letak hormon auksin terdapat pada meristem apikal (bagian ujung tunas), daun yang masih muda, dan embrio yang terdapat dalam biji. Auksin, sebagai salah satu hormon pertumbuhan tanaman, memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dari sudut pandang fisiologi, hormon ini mempengaruhi berbagai aspek, termasuk: pengembangan sel, fototropisme,

geotropisme, dominansi apikal, inisiasi akar, *parthenocarpy*, *abscission*, pembentukan kalus, dan respirasi.

Pengaruh auksin terhadap pertumbuhan jaringan tanaman diduga terjadi melalui dua cara: (1) Auksin menginduksi sekresi ion H keluar dari sel melalui dinding sel. Proses pengasaman dinding sel ini menyebabkan ion K⁺ diambil, yang pada gilirannya mengurangi potensi air sel. Akibatnya, air masuk ke dalam sel dan menyebabkan sel membesar. (2) Auksin juga mempengaruhi metabolisme RNA, yang berhubungan dengan metabolisme protein, kemungkinan melalui proses transkripsi molekul RNA.

Secara umum, auksin memiliki manfaat seperti meningkatkan persentase pengakaran, mempercepat proses inisiasi pengakaran, meningkatkan jumlah serta kualitas akar, dan mendorong pengakaran yang lebih seragam (Yuliawan, 2019). Menurut Hartman *et al.* (2011), auksin dapat meningkatkan persentase setek yang berhasil membentuk akar, mempercepat inisiasi akar, serta meningkatkan keseragaman perakaran. Sementara itu, Overvoorde *et al.* (2010) menyatakan bahwa auksin juga diproduksi di akar, selain di pucuk. Keseimbangan antara auksin dan sitokinin sangat penting dalam menentukan perkembangan organ, auksin merangsang pembentukan akar, sedangkan sitokinin merangsang pembentukan tunas.

Terdapat berbagai jenis auksin, seperti NAA (asam naftalen asetat), IAA (asam indol asetat), IBA (asam indol-3-butirat), 2,4-diklorofenoksi asetat, dan Picloram. Konsentrasi auksin yang diberikan mempengaruhi respons pada pembentukan akar. Jika konsentrasi auksin terlalu tinggi, hal ini dapat menghambat pembentukan akar. Pengaruh konsentrasi auksin terhadap pengakaran juga tergantung pada sifat genetik, jenis setek yang digunakan, dan metode aplikasi. Menurut Hidayanto *et al.* (2003), konsentrasi auksin yang tepat dapat mempercepat aktivasi sel, sehingga proses pemanjangan sel untuk pertumbuhan tunas dan akar menjadi lebih cepat. Kaur dan Kaur (2023) juga berpendapat bahwa keberhasilan setek dipengaruhi oleh jenis setek, media perakaran, serta hormon yang digunakan untuk meningkatkan inisiasi akar.

Proses pembentukan akar pada grafting tanaman terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah perkembangan kalus, setelah penyambungan, bagian yang terkena sambungan akan membentuk kalus, yaitu jaringan meristematik yang bersifat tidak terdefinisi. Kalus ini berfungsi sebagai penghubung antara batang bawah (*rootstock*) dan batang atas (*scion*). Tahap kedua adalah pembentukan akar, setelah kalus terbentuk, sel-sel di dalam kalus mulai berdiferensiasi menjadi akar. Proses ini biasanya dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk keberadaan hormon pertumbuhan, terutama auksin, yang merangsang pertumbuhan akar. Hormon ini berasal dari batang atas yang disambungkan secara eksternal untuk meningkatkan pembentukan akar.

Menurut Hartman *et al.* (2011), proses inisiasi akar terdiri dari dua tahap, yaitu auksin aktif dan auksin inaktif. Tahap auksin aktif terjadi empat hari setelah setek dipotong, auksin ini harus ada dan tersedia untuk mendukung pembentukan akar dari mata tunas (basipetal). Sementara itu, tahap auksin inaktif adalah fase ketika setek telah mengalami diferensiasi. Induksi akar akan mencapai puncaknya ketika auksin telah digunakan sepenuhnya, yang berkaitan dengan senyawa fenolik dan peroksidase. Jumlah auksin yang diserap oleh tanaman dipertahankan pada tingkat tertentu. Aktivitas peroksidase sangat dipengaruhi oleh hormon tanaman yang berperan dalam mengatur degradasi auksin, lignifikasi, pertumbuhan, dan diferensiasi. Aktivitas enzim ini tinggi pada tahap awal, tetapi akan menurun seiring dengan proses pengakaran. Senyawa fenolik muncul pada awal proses, dan produksinya akan berkurang seiring berjalannya waktu, setelah itu senyawa fenolik akan dipindahkan ke bagian lain dan diubah menjadi polifenoloksidase. Perubahan aktivitas enzim yang berbeda pada berbagai tahap inisiasi disebabkan oleh variasi dalam kebutuhan metabolisme (Rout *et al.*, 1966).

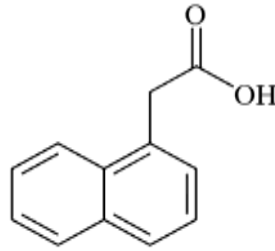
Pada tanaman ubi kayu, aplikasi auksin seperti NAA (*α -naphthalen eacetic acid*) dan IBA (*indole-3-butyric acid*) terbukti mampu meningkatkan pembentukan akar adventif, jumlah akar, serta perkembangan akar umbi. Pemberian kombinasi NAA dan IBA secara nyata meningkatkan jumlah akar dan jumlah umbi simpan dibandingkan tanaman tanpa perlakuan auksin (Fauzan *et al.*, 2025). Auksin juga berperan dalam proses penyatuan jaringan vaskular pada sambungan grafting melalui stimulasi pembentukan kalus dan diferensiasi jaringan pengangkut. Proses

ini sangat penting dalam teknik Mukibat karena menentukan kelancaran aliran air, hara, dan fotosintat dari batang atas singkong karet ke batang bawah ubi kayu budidaya (Latif, 2015).

Selain berperan pada tahap awal sambungan, auksin juga berpengaruh terhadap inisiasi dan pembesaran akar umbi. Studi fisiologi menunjukkan bahwa suplai auksin eksogen dapat mengaktifkan proliferasi sel parenkim xilem sekunder yang menjadi dasar terjadinya penebalan akar dan pembentukan umbi simpan pada ubi kayu (Selvaraj *et al.*, 2019). Respons tanaman terhadap auksin juga dipengaruhi oleh faktor genetik, sehingga Klon ubi kayu yang berbeda menunjukkan respons yang berbeda terhadap konsentrasi auksin yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas auksin dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil umbi sangat bergantung pada interaksi antara hormon dan genotipe tanaman (Fauzan *et al.*, 2025).

2.8.1 NAA (1-Naphthalene Acetic Acid)

Nama Kimia	: 1-Naphthalene acetic acid
Rumus Molekul	: C ₁₂ H ₁₀ O ₂
Bobot Molekul	: 186,210 g mol ⁻¹
Titik Leleh	: 135°C (275°F)
Kelarutan dalam Air	: 0,42 g/L (pada 20°C)
Bentuk Fisik	: Padatan kristal
Warna	: Tidak berwarna (transparan)
Kelarutan	: Larut dalam pelarut organik seperti etanol, aseton, dan dimetil sulfoksida (Wikipedia, 2025)



Gambar 2. NAA (1-Naphthalene Acetic Acid)

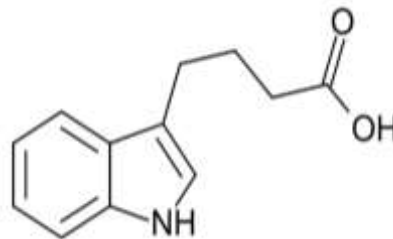
Sumber :Wikipedia (2025)

NAA (*Naphthalene Acetic Acid*) adalah senyawa hormon tanaman yang berfungsi dalam pengaturan pertumbuhan. NAA umumnya digunakan untuk merangsang pembentukan akar. NAA (Asam Naphthalene Asetat) mampu merangsang pembentukan akar dan pemanjangan sel, yang disebabkan oleh peningkatan plastisitas dinding sel sehingga menjadi lebih longgar. Hal ini memungkinkan air untuk masuk dengan mudah melalui osmosis, yang menyebabkan sel mengalami pemanjangan (Nisak *et al.*, 2012). Menurut Hartman *et al.* (2011), NAA sering kali dikombinasikan dengan IBA (Asam Indole-3-butirat) untuk mencapai hasil yang lebih optimal. Zhang dan Wang (2021) menemukan bahwa kombinasi NAA dan IBA dapat meningkatkan perkembangan akar pada berbagai spesies tanaman.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Apriliani (2015), NAA dengan konsentrasi 100 ppm dapat meningkatkan panjang akar produktif pada setek buyur karena NAA lebih efektif dalam merangsang pemanjangan akar. Penelitian serupa oleh Kamila *et al.* (2020) menunjukkan bahwa aplikasi NAA pada konsentrasi 300 ppm pada setek apikal *Hypericum gaitii* menghasilkan persentase akar sebesar 80%, dengan rata-rata jumlah akar mencapai 24,16 dan panjang akar produktif mencapai 13,8 cm, jika dibandingkan dengan konsentrasi 400 ppm atau 500 ppm. Penelitian yang dilakukan oleh Eganathan *et al.* (2000) menunjukkan bahwa NAA dengan konsentrasi 1000 ppm menghasilkan persentase akar tertinggi, yaitu 60%, dibandingkan dengan konsentrasi 1000 dan 2000 ppm pada setek *Heritiera fomes*. Induksi akar yang terjadi akibat NAA berkaitan dengan penghambatan aktivitas enzim IAA oksidase serta penurunan aktivitas enzim peroksidase dan polifenol peroksidase, sehingga meningkatkan efektivitas auksin endogen (Agustiansyah *et al.*, 2018).

2.8.2 IBA (*Indole-3-Butyric Acid*)

Bobot molekul	: 203,24 g/mol
Rumus molekul	: C ₁₂ H ₁₃ NO ₂
Bentuk	: Kristal yang tidak berwarna hingga kuning pucat
Kelarutan	: Dalam air: 250 mg/L pada suhu 20°C Dalam benzena: >1000 g/L Dalam aseton, etanol, dan dietil eter: 30-100 g/L Dalam kloroform: 0,01-0,1 g/L
Stabilitas	: Sangat stabil dalam media netral, asam, dan basa (Wanjie International, 2023).



Gambar 3. IBA (Indole-3-Butyric Acid)

Sumber : Wikipedia (2025)

IBA, yang merupakan senyawa turunan indol, dapat mempercepat pembentukan akar adventif baik pada stek maupun cangkok, terutama pada tanaman berkayu (Atmoko et al., 2022). Selain itu, IBA juga efektif dalam mempercepat dan meningkatkan jumlah pembentukan akar (Suhardjito, 2017). IBA memiliki kandungan bahan kimia yang lebih stabil, dan proses translokasinya berlangsung lambat, sehingga IBA tetap berada di sekitar area aplikasi. Selain itu, IBA juga dapat meningkatkan laju transportasi karbohidrat ke bagian bawah stek, yang mendorong pertumbuhan akar (Apriliani, 2015). Menurut Kaur dan Kaur (2023), salah satu keunggulan IBA adalah sifatnya yang tidak beracun atau toksik, bahkan ketika diaplikasikan dalam jumlah besar dalam beberapa penelitian. Hartman *et al.* (2011) menyatakan bahwa IBA adalah senyawa yang relatif stabil, dan umur simpannya dapat diperpanjang dengan penyimpanan dalam kondisi gelap dan

dingin. Umumnya, jika setek tidak menunjukkan respons terhadap IBA, maka senyawa pemacu lainnya tidak akan dapat menggantikan efektivitasnya. Formulasi garam kalium, seperti K-IBA, memungkinkan IBA untuk larut dalam air. Jika tidak, asam ini perlu dilarutkan terlebih dahulu dalam alkohol. Beberapa penelitian di Amerika Serikat menggunakan K-IBA (larutan berbasis air) pada setek yang berada dalam tahap pertumbuhan aktif (kayu lunak dan kayu semi keras), sementara IBA yang dilarutkan dalam etanol digunakan selama periode tidak aktif (kayu keras) untuk mencegah terjadinya pembakaran dan dehidrasi pada jaringan setek (Hartman *et al.*, 2011).

Penggunaan IBA yang tepat dapat memicu pertumbuhan akar secara optimal. Penambahan IBA dapat merangsang elongasi akar adventif sebagai respons terhadap sintesis hormon auksin dalam dominasi apikal pada meristem. Namun, jika IBA diaplikasikan dalam konsentrasi tinggi, senyawa ini dapat berfungsi sebagai inhibitor pertumbuhan tanaman dan menyebabkan kecoklatan pada akar (Baghel *et al.*, 2016). Hal serupa juga diungkapkan oleh Siposova *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa konsentrasi IBA antara 7-10 μM dapat menghambat pertumbuhan akar, memicu perkembangan hambatan apoplasma (seperti pita *Casparian* dan *suberin lamellae*) di dekat pucuk akar, serta meningkatkan kandungan lignin pada akar.

Penelitian yang dilakukan oleh Atmoko *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penggunaan IBA dengan konsentrasi 100 ppm pada cangkok kayu manis menghasilkan akar adventif terpanjang. Srivastava (2008) menyatakan bahwa aplikasi IBA secara eksogen dapat membantu mobilisasi cadangan makanan, yang mendukung pemanjangan sel meristematik dan diferensiasi kambium menjadi primordia akar. Selain itu, Kaur dan Kaur (2023) juga mencatat bahwa aplikasi IBA pada konsentrasi 3000 ppm pada tanaman buah ara dapat menghasilkan persentase perakaran tertinggi, yaitu 76,6%. Proses ini terjadi akibat stimulasi aktivitas kambium yang mendorong mobilisasi bahan makanan ke lokasi inisiasi akar, yang pada gilirannya meningkatkan perkembangan primordia akar dan menghasilkan pembentukan akar yang optimal, mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Aplikasi IBA dapat meningkatkan karakteristik histologis

dalam pembentukan kalus dan jaringan, serta mendorong diferensiasi jaringan vaskular yang lebih lanjut, yang berkontribusi pada perkembangan akar. Hal ini menjadi alasan kuat mengapa panjang tunas meningkat dengan pemberian IBA (Kaur dan Kaur, 2023). Penelitian oleh Wadhekar *et al.* (2022) menunjukkan bahwa pemberian IBA pada konsentrasi 7000 ppm pada setek tanaman buah naga menghasilkan waktu kemunculan tunas pertama rata-rata 14,83 hari, dengan persentase kemunculan tunas mencapai 95%, yang lebih baik dibandingkan dengan aplikasi IBA pada konsentrasi 5000 dan 6000 ppm.

Aplikasi auksin dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti merendam dalam larutan, menyemprot, atau menggunakan pasta. Setiap metode aplikasi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Penggunaan pasta memiliki keuntungan karena dapat menahan hormon pada lokasi yang diinginkan, seperti pada akar atau setek (Konrad, 2001). Menurut Romly *et al.* (2019), metode aplikasi dengan pasta juga memiliki keunggulan, karena dapat menghasilkan jumlah akar yang lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan larutan. Penelitian oleh Rugayah *et al.* (2012) menunjukkan bahwa aplikasi IBA dalam bentuk pasta dapat meningkatkan jumlah akar primer hingga 11,8 helai.

2.9 Aplikasi Auksin

Auksin dapat diaplikasikan dengan cara perendaman, penyemprotan dan dioles dalam bentuk pasta. Setiap metode yang digunakan ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Aplikasi pasta dapat menahan hormon pada bagian yang dituju contohnya akar dan setek (Konrad, 2001)

Penggunaan pasta auksin pada setek menghasilkan jumlah akar yang lebih banyak dibandingkan dengan aplikasi larutan (Romly *et al.* 2019). Rugayah *et al.* (2012) menunjukkan bahwa aplikasi IBA dalam bentuk pasta dapat meningkatkan jumlah akar primer hingga 11,8 helai. Pemberian auksin secara berlebihan akan mempengaruhi proses pemanjangan akar. Efektifitas auksin dalam mendorong pengakaran tergantung sifat genetik tanaman, cara aplikasi dan jenis seteknya. Konsentrasi auksin yang tepat untuk setek dapat mempercepat pembelahan dan

diferensiasi sel, sehingga pembentukan akar dan tunasnya menjadi lebih cepat (Hidayanto *et al.* 2003)

2.10 Pupuk

Pemupukan merupakan komponen agronomis penting yang berperan dalam menentukan pertumbuhan vegetatif, perkembangan sistem perakaran, serta proses pembentukan dan pembesaran umbi pada tanaman ubi kayu. Meskipun ubi kayu dikenal adaptif terhadap lahan marginal, pencapaian potensi hasil yang optimal tetap bergantung pada ketersediaan unsur hara yang memadai (Carine *et al.*, 2019).

Pemanfaatan pupuk anorganik, terutama formulasi NPK, telah dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman ubi kayu, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan pembentukan akar umbi, yang selanjutnya berkontribusi terhadap peningkatan produksi umbi. Pemberian NPK pada dosis yang lebih tinggi secara nyata menghasilkan produksi umbi yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemupukan (Carine *et al.*, 2019).

Selain pemupukan anorganik, penggunaan pupuk organik seperti kompos kotoran ayam, kompos berbahan kulit kakao, serta biomassa hijau memiliki peran signifikan dalam meningkatkan produktivitas ubi kayu melalui perbaikan karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah. Integrasi pupuk organik dengan pupuk anorganik terbukti memberikan respons pertumbuhan dan hasil umbi yang lebih tinggi dibandingkan aplikasi masing-masing jenis pupuk secara terpisah (Konan *et al.*, 2020; Bilong *et al.*, 2017).

Pemupukan secara terintegrasi telah terbukti berkontribusi dalam memperbaiki kualitas tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, serta memperbaiki efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman ubi kayu. Penerapan sistem pemupukan terpadu yang mengombinasikan pupuk kandang dengan pupuk NPK secara konsisten dilaporkan mampu meningkatkan hasil akar umbi sekaligus menjaga keberlanjutan kesuburan tanah (Ikeh *et al.*, 2023).

Dalam penerapan teknologi Mukibat, peran pemupukan menjadi semakin krusial mengingat penggunaan batang atas singkong karet menghasilkan pertumbuhan tajuk yang lebih ekstensif dan, konsekuensinya, meningkatkan kebutuhan hara tanaman. Peningkatan luas daun dan laju fotosintesis pada sistem Mukibat perlu didukung oleh ketersediaan unsur hara yang mencukupi agar proses translokasi fotosintat menuju akar umbi dapat berlangsung secara efisien dan optimal (Sonnewald *et al.*, 2020).

Selain berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman, pemupukan juga berperan dalam memodulasi aktivitas mikroorganisme tanah yang berkontribusi terhadap peningkatan ketersediaan hara dan kesehatan rizosfer ubi kayu. Aplikasi pupuk organik maupun pupuk hayati diketahui mampu meningkatkan populasi mikroba menguntungkan serta menekan perkembangan mikroorganisme patogen, sehingga menciptakan lingkungan perakaran yang kondusif bagi pertumbuhan dan pembentukan hasil umbi (Cai *et al.*, 2021). Oleh karena itu, penerapan strategi pemupukan yang tepat, seimbang, dan berkelanjutan merupakan faktor kunci dalam menunjang keberhasilan sistem grafting Mukibat, khususnya dalam mengoptimalkan keseimbangan hubungan *source-sink* antara tajuk dan akar umbi, serta dalam meningkatkan produktivitas ubi kayu secara berkelanjutan.

2.10.1 Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik adalah jenis pupuk yang diproduksi secara kimia di pabrik. Pupuk ini dapat dibedakan berdasarkan jumlah unsur hara yang terkandung di dalamnya, yaitu pupuk tunggal dan pupuk majemuk. Pupuk tunggal hanya mengandung satu jenis unsur hara. Contoh dari pupuk tunggal termasuk urea (N), SP-26 (super fosfat – unsur P), dan KCl (kalium klorida – unsur K). Sementara itu, pupuk majemuk mengandung lebih dari satu unsur hara. Contoh dari pupuk majemuk adalah Pupuk NPK Pusri 17-6-25. Pupuk NPK Pusri 17-6-25 adalah pupuk majemuk yang diformulasikan khusus oleh PT Pupuk Sriwidjaja Palembang untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman singkong. Pupuk ini mengandung 17% Nitrogen (N), 6% Fosfor (P_2O_5), dan 25% Kalium (K_2O), yang dirancang untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman singkong. Menurut PT Pupuk Sriwidjaja Palembang (2023), penggunaan pupuk ini telah terbukti

meningkatkan produktivitas singkong secara signifikan. Misalnya, di Kabupaten Pati, Jawa Tengah, penerapan NPK Pusri 17-6-25 berhasil meningkatkan hasil panen dari 35 ton per hektar menjadi 55 ton per hektar. Selain itu, berdasarkan laporan Republika (2023), di Kabupaten Tulang Bawang, Lampung, produktivitas singkong meningkat dari 20-30 ton per hektar menjadi 50-70 ton per hektar setelah penggunaan pupuk ini.

Fungsi utama pupuk anorganik adalah untuk menambah unsur hara atau nutrisi bagi tanaman. Dalam penggunaannya, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan yang sering ditemui. Beberapa manfaat dan keunggulan pupuk anorganik antara lain: mampu menyediakan hara dengan cepat, menghasilkan nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman dalam waktu singkat, menyediakan nutrisi yang siap diserap, memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi, tidak berbau menyengat, serta praktis dan mudah untuk diaplikasikan. Di sisi lain, kelemahan pupuk anorganik meliputi harga yang relatif mahal, mudah larut dan hilang, serta dapat menyebabkan polusi tanah jika digunakan dalam dosis yang tinggi. unsur yang paling dominan dijumpai dalam pupuk anorganik adalah unsur N, P, dan K.

Penggunaan pupuk anorganik yang tidak terkontrol menjadi salah satu faktor penyebab penurunan kualitas kesuburan fisik dan kimia tanah. Situasi ini semakin diperburuk oleh praktik pertanian yang dilakukan secara terus-menerus, sementara pemulihan tanah pertanian hanya dilakukan dengan menggunakan pupuk kimia. Akibatnya, daya dukung dan kualitas tanah pertanian mengalami degradasi, yang berujung pada penurunan produktivitas lahan. Salah satu kelemahan pupuk anorganik adalah bahwa meskipun mengandung unsur makro, pupuk ini sangat sedikit atau bahkan hampir tidak mengandung unsur hara mikro (Lingga dan Marsono, 2008). Kandungan hara dalam pupuk anorganik terdiri atas unsur hara makro utama yaitu nitrogen, fosfat, kalium, hara makro sekunder yaitu sulfur, kalsium, magnesium, dan hara mikro yaitu tembaga, seng, mangan, molibden, boron dan kobal.

2.10.2 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik yang diuraikan oleh mikroba, dan hasil akhirnya dapat menyediakan unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Contoh bahan yang termasuk dalam pupuk organik meliputi pupuk kandang, sekam padi, kompos, limbah kota, dan lainnya. Pupuk organik juga memiliki peran penting sebagai penyangga sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan produktivitas lahan. Selain itu, pupuk organik sangat bermanfaat untuk meningkatkan produksi pertanian, baik dari segi kualitas maupun kuantitas, serta membantu mengurangi pencemaran lingkungan (Kementerian Pertanian, 2011).

Menurut Marsono dan Paulus (2001), pupuk organik memiliki beberapa kelebihan, antara lain: (1) dapat memperbaiki struktur tanah, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Ketika pupuk ditambahkan ke dalam tanah, bahan organik yang terkandung di dalamnya akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi senyawa organik sederhana yang mengisi ruang pori tanah, sehingga tanah menjadi lebih gembur. Selain itu, pupuk organik juga berfungsi sebagai perekat, yang membuat struktur tanah menjadi lebih stabil. (2) Pupuk organik juga meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap dan menahan air, sehingga air dapat tersedia bagi tanaman. Hal ini disebabkan oleh kemampuan bahan organik untuk menyerap air hingga dua kali lipat dari bobotnya. Dengan demikian, pupuk organik memiliki peran penting dalam mengatasi masalah kekeringan selama musim kering. (3) Selain itu, pupuk organik juga berkontribusi dalam memperbaiki kehidupan organisme di dalam tanah. Bahan organik yang terkandung dalam pupuk menjadi sumber makanan utama bagi mikroorganisme tanah. Semakin baik kondisi kehidupan mikroorganisme di dalam tanah, semakin positif pula dampaknya terhadap tanaman dan kualitas tanah itu sendiri.

2.10.2.1 Pupuk Kandang Kambing Fermentasi

Pupuk kandang kambing merupakan salah satu sumber pupuk organik yang kaya akan bahan organik, nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta unsur mikro yang berperan penting dalam memperbaiki kesuburan tanah. Dibandingkan pupuk kandang ternak lain, pupuk kandang kambing memiliki kandungan nitrogen relatif lebih tinggi dan tekstur yang lebih padat, sehingga berpotensi memberikan efek residual yang lebih lama dalam tanah. Namun demikian, penggunaan pupuk kandang kambing segar secara langsung sering menghadapi kendala berupa lambatnya dekomposisi, potensi fitotoksisitas, serta keberadaan patogen tanah (Dalorima *et al.*, 2021).

Proses fermentasi pupuk kandang kambing bertujuan untuk mempercepat dekomposisi bahan organik, menurunkan rasio C/N, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Fermentasi juga mampu menekan populasi mikroorganisme patogen dan mengurangi senyawa toksik yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Ayamba *et al.* (2021) melaporkan bahwa pengayaan dan pengolahan biologis pada pupuk kandang secara signifikan meningkatkan kualitas pupuk organik, terutama dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor tanah, yang berimplikasi langsung terhadap peningkatan produktivitas tanaman.

Aplikasi pupuk organik hasil fermentasi terbukti mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah. Kehadiran bahan organik terdekomposisi meningkatkan agregasi tanah, kapasitas menahan air, serta aktivitas mikroba tanah yang berperan dalam mineralisasi unsur hara. Bhatt *et al.* (2019) menegaskan bahwa pemberian pupuk kandang secara berkelanjutan mampu meningkatkan kandungan karbon organik tanah, ketersediaan fosfor, serta kapasitas tukar kation, sehingga mendukung pertumbuhan akar dan efisiensi serapan hara tanaman. Selain meningkatkan kesuburan tanah, pupuk kandang fermentasi juga berperan dalam meningkatkan hasil dan kualitas tanaman. Behera *et al.* (2022) melaporkan bahwa penggunaan pupuk organik seperti pupuk kandang (*farmyard manure*/FYM) mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman melalui perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta penyediaan unsur hara yang dilepaskan

secara bertahap dan berkelanjutan. Dalam konteks penelitian ini, pupuk kandang kambing berpotensi memberikan mekanisme perbaikan tanah yang serupa. Pupuk organik juga berperan dalam meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan ketersediaan hara sehingga mendukung peningkatan biomassa dan kualitas hasil tanaman.

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, penggunaan pupuk kandang kambing fermentasi menjadi semakin relevan karena mampu mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik serta memperbaiki kesehatan tanah jangka panjang. Zhao *et al.* (2024) melalui meta-analisis menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang secara signifikan meningkatkan hasil tanaman hingga lebih dari 70% serta meningkatkan kandungan karbon organik dan hara tersedia tanah, terutama pada sistem pertanian intensif. Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut, pupuk kandang kambing fermentasi berpotensi besar sebagai sumber nutrisi organik yang efektif dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman, terutama ketika dikombinasikan dengan teknologi budidaya inovatif seperti sistem grafting Mukibat dan pupuk berbasis mikroba.

2.10.2.2 Pupuk Berbasis Mikroba

Pupuk merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, termasuk ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz).

Pemupukan bertujuan untuk menyediakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah dan proporsi yang tepat guna mendukung proses fisiologis, seperti fotosintesis, pembelahan sel, pembentukan biomassa, dan pengisian organ penyimpanan. Selama ini, peningkatan produktivitas ubi kayu di tingkat petani umumnya masih bergantung pada pupuk anorganik, yang meskipun efektif dalam jangka pendek, berpotensi menurunkan kualitas tanah dan efisiensi pemanfaatan hara apabila digunakan secara terus-menerus tanpa pengelolaan yang tepat.

Sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan, pupuk berbasis mikroba (*biofertilizer*) telah banyak dikembangkan dan diaplikasikan dalam sistem pertanian.

Biofertilizer didefinisikan sebagai bahan yang mengandung mikroorganisme hidup yang mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara melalui proses

biologis, seperti fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, mineralisasi bahan organik, serta produksi senyawa pemacu pertumbuhan tanaman. Timofeeva *et al.* (2023) melaporkan bahwa bakteri penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfat berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah dan efisiensi serapan hara melalui mekanisme fiksasi nitrogen biologis dan sekresi asam organik.

Kelompok mikroba yang umum digunakan dalam pupuk hayati meliputi bakteri penambat nitrogen bebas seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum*, mikroba pelarut fosfat seperti *Bacillus* dan *Penicillium*, serta fungi seperti *Trichoderma*.

Mikroorganisme tersebut tidak hanya berperan dalam penyediaan hara, tetapi juga menghasilkan fitohormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin yang mampu merangsang pertumbuhan akar dan tajuk tanaman. Rochlani *et al.* (2022) menegaskan bahwa *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui mekanisme langsung (penyediaan hara dan produksi hormon) dan tidak langsung (peningkatan ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik).

Pada tanaman umbi, keberadaan mikroba fungsional di rizosfer memiliki peran strategis karena pembentukan dan pengisian umbi sangat bergantung pada ketersediaan hara dan efisiensi sistem perakaran. Vaishnavi *et al.* (2025) melaporkan bahwa aplikasi *biofertilizer* berbasis PGPR dan *Trichoderma* mampu meningkatkan hasil tanaman umbi secara signifikan melalui peningkatan biomassa akar, efisiensi penyerapan hara, dan perbaikan struktur tanah (Vaishnavi *et al.*, 2025). Temuan ini menunjukkan bahwa perbaikan lingkungan perakaran merupakan kunci peningkatan kapasitas organ penyimpan (*sink*) pada tanaman umbi.

Khusus pada tanaman ubi kayu, komunitas mikroba rizosfer diketahui berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Frediansyah (2021) melaporkan bahwa mikrobioma rizosfer ubi kayu didominasi oleh bakteri penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfat yang berkontribusi terhadap peningkatan ketersediaan hara dan efisiensi metabolisme tanaman (Frediansyah, 2021). Selain itu, Zuluaga *et al.* (2024) menegaskan bahwa rekayasa mikrobioma

rizosfer melalui aplikasi biofertilizer mampu meningkatkan efisiensi akuisisi hara dan stabilitas pertumbuhan tanaman.

Dalam konteks sistem budidaya ubi kayu dengan teknik grafting Mukibat, penggunaan pupuk berbasis mikroba menjadi semakin relevan. Grafting Mukibat menghasilkan tajuk dengan kapasitas fotosintesis tinggi, sehingga kebutuhan hara dan dukungan sistem perakaran menjadi lebih besar. Oleh karena itu, peningkatan ketersediaan hara dan perbaikan rizosfer melalui *biofertilizer* diharapkan dapat memperkuat fungsi *sink* pada batang bawah, mendukung pembentukan umbi, serta meningkatkan produktivitas tanaman secara keseluruhan. Dengan demikian, pupuk berbasis mikroba tidak hanya berfungsi sebagai sumber hara alternatif, tetapi juga sebagai komponen penting dalam sistem budidaya ubi kayu berdaya hasil tinggi dan berkelanjutan.

Salah satu contoh pengembangan pupuk organik berbasis mikroba adalah pupuk Ghally Organik (GO). Pupuk Ghaly Organik adalah jenis pupuk granul yang dibuat dari bahan alami (100% organik) yang telah melalui proses pengolahan sehingga rasio C/N menjadi seimbang dan dapat memperkaya tanah serta tanaman. Pupuk granul ini tidak boleh dicampur dengan bahan kimia seperti urea, NPK kimia, atau pestisida kimia. Keunggulan pupuk ini adalah tidak terjadi penguapan seperti pada pupuk kimia saat diaplikasikan, sehingga secara bertahap dosis pemupukan dapat dikurangi hingga waktu tertentu, yang pada akhirnya dapat menekan biaya pemupukan. Ghaly Organik mengutamakan pertanian modern tanpa merusak tanah, tanaman, lingkungan, dan kesehatan. Ghally Organik terdiri dari 27 jenis pupuk yang berbasis mikroba yang berfungsi sebagai penambat nitrogen, pelarut fosfor, dan pengurai kalium. Pupuk Ghally Organik tersedia dalam dua bentuk, yaitu granule dan cair. Pupuk Ghally Organik cair dapat digunakan untuk mengendalikan gulma, hama, dan penyakit. Komposisi Ghally Organik yaitu :

1. Ekstrak tandan kelapa sawit (Kalium *Dust Collector*) Berfungsi sebagai sumber kalium (K) organik yang siap diuraikan oleh aktivitas mikroba tanah dan tersedia bagi tanaman.

2. Kotoran hewan yaitu limbah kotoran sapi, kambing, dan ayam yang berperan sebagai sumber bahan organik serta penyedia unsur hara makro dan mikro.
3. Rock Phospat Berfungsi sebagai sumber fosfor (P) alami yang kelarutannya dibantu oleh aktivitas mikroorganisme tanah.
4. Formula *Bio-Ghally* Organik (Bio Aktivator) mengandung mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik serta meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

Pupuk berbasis mikroba yang diaplikasikan dalam penelitian ini mengandung konsorsium mikroorganisme fungsional, setiap kelompok mikroba memiliki fungsi spesifik dalam memperbaiki kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. Giri *et al.* (2019) menjelaskan bahwa konsorsium mikroba dalam biofertilizer bekerja secara komplementer dan sinergis untuk membentuk kondisi rizosfer yang kondusif bagi perkembangan tanaman. Mikroba yang terkandung dalam bio Ghally meliputi *Alcaligenes sp.*, *Bacillus megaterium*, *Lactobacillus sp.*, *Azospirillum sp.*, *Azotobacter chroococcum*, *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Acetobacter sp.*, dan *Azotomonas sp.*

Fungsi Fisiologis Mikroba dalam Bio Ghaly

1. Mikroorganisme tersebut memiliki berbagai fungsi agronomis dan fisiologis, antara lain:
2. Fiksasi nitrogen (N₂) dari udara oleh bakteri penambat N seperti *Azospirillum* dan *Azotobacter*
3. Pelarutan fosfat (P) dari residu fosfor tanah oleh *Bacillus* dan *Penicillium*
4. Pelarutan kalium (K) dari mineral tanah
5. Produksi fitohormon seperti giberelin, auksin, dan sitokinin yang mempercepat pertumbuhan dan pematangan
6. Produksi enzim dan senyawa antagonis yang meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit
7. Aktivitas antifungal, terutama oleh *Trichoderma sp.*

Peran Mikroorganisme dalam Pupuk Berbasis Mikroba (BBM) :

- a. Bakteri *Azotobacter chroococcum* dan *Azospirillum* sp. berperan sebagai mikroorganisme penambat nitrogen non-simbiotik yang mampu mengubah nitrogen bebas di atmosfer menjadi bentuk nitrogen tersedia bagi tanaman (Aasfar *et al.*, 2021). Selain kemampuannya dalam fiksasi nitrogen, *Azospirillum* sp. juga diketahui memproduksi fitohormon, terutama auksin dan giberelin, yang berkontribusi langsung terhadap perangsangan pertumbuhan akar dan penguatan sistem perakaran (Giri *et al.*, 2019). Thomas dan Singh (2019) melaporkan bahwa aktivitas bakteri penambat nitrogen dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen di zona perakaran hingga 30–40% dibandingkan tanaman tanpa inokulasi mikroba.
- b. Mikroorganisme *Bacillus megaterium* dan *Penicillium* sp. berfungsi sebagai pelarut fosfat melalui mekanisme kimiawi yang melibatkan pengikatan ion (*chelation*) dan penurunan pH lokal (*acidification*) (Altomare *et al.*, 1999). Hasil penelitian Giri *et al.* (2019) menunjukkan bahwa fungi pelarut fosfat, khususnya *Penicillium*, mampu meningkatkan pelepasan fosfor dari fraksi mineral sebesar 51-82%, dari fosfor organik sebesar 38-65%, serta dari fosfor fitat sebesar 44-82%. Peningkatan ketersediaan fosfor tersebut berdampak pada kenaikan bobot kering tanaman sebesar 21-52% dan pemanjangan akar sebesar 19–26% setelah inokulasi.
- c. Fungi *Trichoderma* sp. dikenal sebagai dekomposer bahan organik yang efektif sekaligus agen bioproteksi tanaman, serta berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara melalui produksi enzim hidrolitik dan asam organik (Altomare *et al.*, 1999). Keberadaan *Trichoderma* juga berkontribusi dalam memperbaiki sifat fisik tanah, terutama dengan meningkatkan porositas dan kapasitas menahan air, sehingga mendukung penetrasi akar ke lapisan tanah yang lebih dalam. Giri *et al.* (2019) menambahkan bahwa *Trichoderma* menghasilkan metabolit sekunder yang berfungsi sebagai biostimulan bagi pertumbuhan tanaman.
- d. Mikroorganisme *Lactobacillus* sp. dan *Acetobacter* sp. berperan dalam proses fermentasi serta produksi asam organik yang meningkatkan

kelarutan dan ketersediaan unsur hara di dalam tanah (Giri *et al.*, 2019). Kedua mikroba tersebut juga berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas enzim tanah dan mempercepat dekomposisi bahan organik. Sementara itu, *Alcaligenes* sp. dan *Azotomonas* sp. terlibat dalam siklus nitrogen serta produksi senyawa pengatur tumbuh yang mendukung perkembangan tanaman (Babu *et al.*, 2023). Kehadiran konsorsium mikroba ini dalam BBM membentuk lingkungan rizosfer yang dinamis dan fungsional, selaras dengan konsep manajemen hara berkelanjutan sebagaimana dikemukakan oleh Naseer *et al.* (2019).

Khairullah *et al.* (2010) menyatakan bahwa manfaat pupuk organik tidak terbatas pada penyediaan unsur hara, tetapi juga mencakup peningkatan populasi mikroorganisme tanah, perbaikan struktur dan agregasi tanah, peningkatan kapasitas retensi air, peningkatan aktivitas enzimatis tanah, serta perbaikan kualitas dan kuantitas hasil pertanian. Selain itu, aplikasi pupuk organik dilaporkan mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap gangguan hama dan penyakit. Giri *et al.* (2019) menegaskan bahwa inokulasi konsorsium mikroba dengan kemampuan memineralisasi unsur N, P, K, dan Zn merupakan pendekatan yang efisien secara biaya dan ramah lingkungan untuk meningkatkan produktivitas dalam sistem pertanian berkelanjutan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan fungi seperti *Trichoderma* secara signifikan meningkatkan ketersediaan fosfor tanah, yang selanjutnya berimplikasi langsung pada peningkatan bobot umbi dan hasil panen secara keseluruhan.

III. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan yang bertujuan untuk mendapatkan jenis bahan tanam dan jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu Klon Garuda dan mempelajari pengaruh aplikasi auksin dan klon batang bawah terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu grafting Mukibat.

Percobaan I : Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap
Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Klon Garuda

Percobaan II : Pengaruh Aplikasi Auksin dan Klon Batang Bawah Terhadap
Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Grafting Mukibat

3.1 Percobaan I : Pengaruh Asal Bahan Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi kayu Klon Garuda

3.1.1 Waktu dan Tempat Percobaan

Percobaan dilaksanakan di Rajabasa Raya, Bandar Lampung, Lampung 5.3565° S 105.2492° E, pada bulan Desember 2024 sampai dengan September 2025.

3.1.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: bibit ubi kayu Klon Garuda (batang bawah), batang atas singkong karet (*Manihot glaziovii*), pupuk NPK Pusri 17-6-25, pupuk kandang kambing, dan pupuk berbasis mikroba (BBM) berupa Konsorsium Mikroba Padat (KMP) dan Konsorsium Mikroba Cair (KMC) produk Ghaly Tech. Alat yang digunakan adalah traktor, cangkul, pisau, gergaji, jangka sorong,

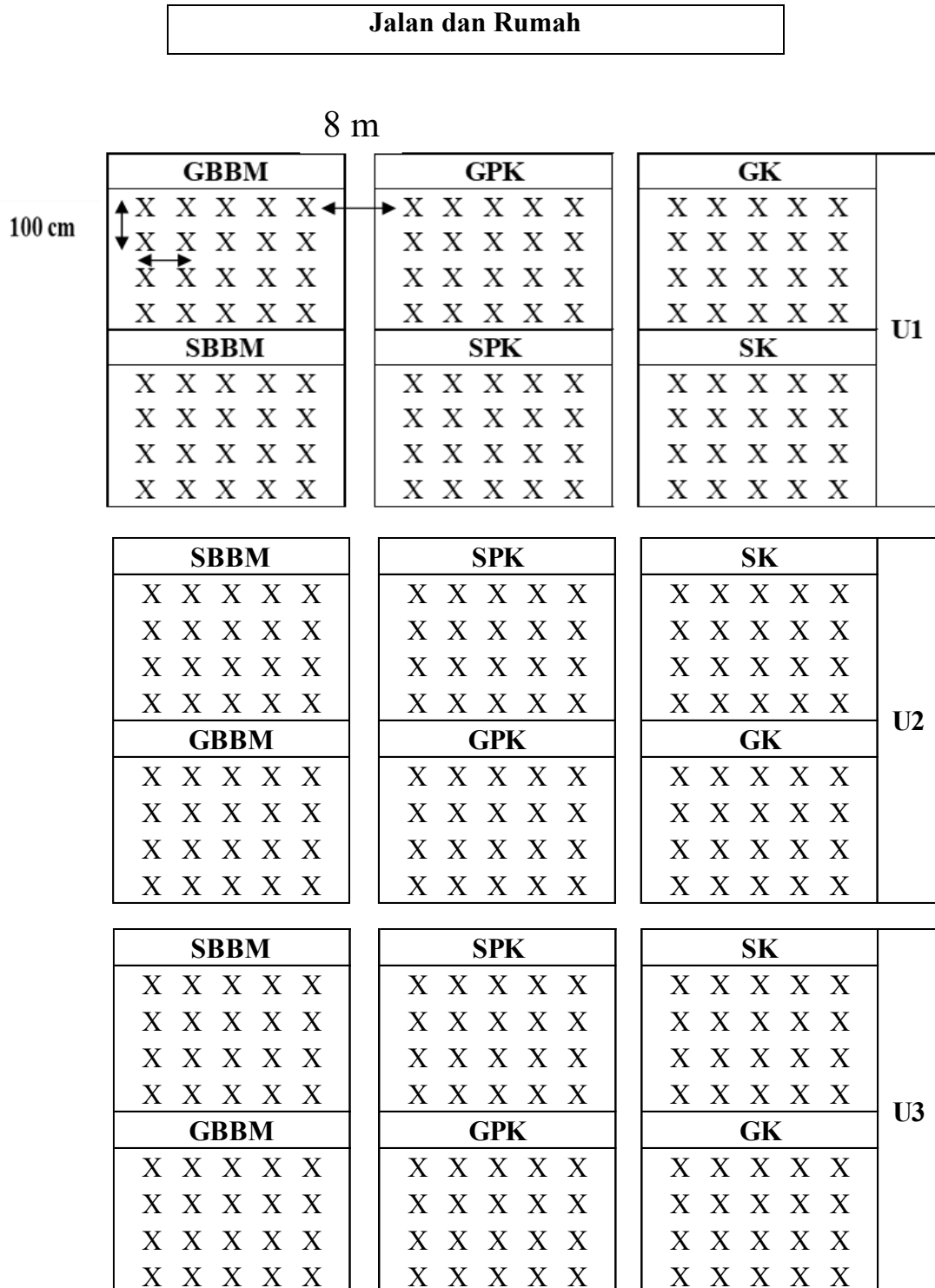
timbangan analitik, *Starch Content Analyzer* atau timbangan kadar pati, label perekat, labu ukur, gelas ukur, baskom, plastik, kuas, meteran, dan alat tulis.

3.1.3 Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan Rancangan Petak Berjalur (*Strip Plot*) perlakuan disusun secara faktorial (2x3) diperoleh 6 kombinasi perlakuan dan 3 ulangan sehingga terdapat 18 satuan percobaan (Gambar 4). Setiap perlakuan ditanam singkong sebanyak 20 tanaman dengan jarak 1 x 1 m, sehingga terdapat 360 tanaman. Faktor pertama Asal bahan tanam yaitu grafting Mukibat vs setek. Faktor keduanya adalah jenis pupuk terdiri dari pupuk anorganik NPK Pusri 17-6-25 (700 kg/ha, dua kali aplikasi pada 14 dan 56 hari setelah tanam), Pupuk kandang kambing (20 ton/ha), dan Pupuk Berbasis Mikroba (BBM) yaitu KMP (1 ton/ha) dan KMC (500 ml/30 liter air), dua kali aplikasi pada 1 minggu sebelum tanam dan sesudah tanam disemprot pada lubang tanam). Pada percobaan ini panjang batang singkong 40 cm sehingga kombinasi percobaan ini sebagai berikut :

1. GK = Grafting + Pupuk Anorganik
2. GPK = Grafting + Pupuk Kandang Kambing
3. GBBM = Grafting + Pupuk BBM (KMP dan KMC)
4. SK = Setek + Pupuk Anorganik
5. SPK = Setek + Pupuk Kandang Kambing
6. SBBM = Setek + Pupuk BBM (KMP dan KMC)

Berikut ini tata letak percobaan I :

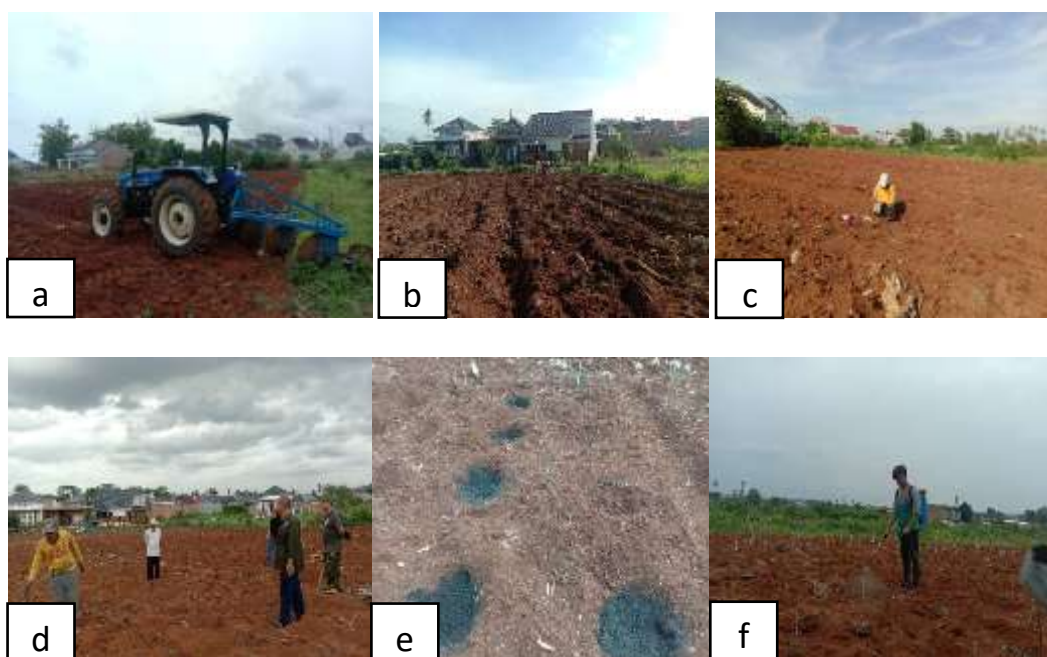


Gambar 4. Tata letak percobaan I

3.1.4 Pelaksanaan percobaan

3.1.4.1 Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah dilakukan dengan menggunakan traktor, yang bertujuan untuk mengemburkan tanah. Kemudian dibuat petak tanam ukuran 5 x 4 m sebanyak 6 petak per ulangan. Kemudian dibuat lubang tanam dengan jarak 1 x 1 m. Pada perlakuan pupuk kandang kambing setiap lubang tanam di berikan pupuk kandang kambing 1 minggu sebelum tanam, Sedangkan pada petak perlakuan pupuk BBM semprot KMC dengan dosis 250 ml /15 liter air, alat semprot harus bersih dari bekas kimia baik bau maupun warna. Tujuan penyemprotan untuk menetralkan residu kimia kemudian biarkan beberapa hari. Penyemprotan di lakukan 1 minggu sebelum tanam pada lubang tanam perlakuan pupuk BBM. Berikut ini gambar pengolahan tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengolahan tanah : a. Pembajakan, b. Pengeplotan lahan, c. Pemasangan papan nama, d. Pengeplotan lubang tanam, e. Pemberian pupuk kandang ke dalam lubang tanam, f. Penyemprotan pupuk BBM cair ke dalam lubang tanam.

3.1.4.2 Penyiapan Bibit

a. Pemilihan Batang Atas

Batang atas yang digunakan pada Teknik grafting samping berasal dari batang bagian pucuk tanaman singkong karet yang dipotong secara

horizontal dengan panjang 40 cm dan berdiameter 1-2 cm. Batang atas yang digunakan memiliki ciri-ciri yaitu petumbuhannya baik, batangnya lurus dan tinggi serta terbebas dari serangan hama dan penyakit. Pohon induk yang digunakan sebagai batang atas berasal dari lahan Kebun Percobaan dan Percontohan Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Lampung.

b. Pemilihan Batang Bawah

Batang bawah yang digunakan adalah batang ubi kayu Klon Garuda yang berfungsi sebagai sistem perakaran. Batang bawah Klon Garuda yang dipilih yaitu batang yang tumbuh tegak, memiliki diameter batang antara 1-2 cm, sudah berumur 2-3 bulan dan tanaman dalam keadaan sehat.

3.1.4.3 Pelaksanaan Grafting

Metode sambungan yang digunakan adalah metode sambung samping. Grafting dengan metode teknik grafting samping diawali dengan pemotongan batang bawah berukuran 40 cm. Kemudian, bagian ujung batang bawah disayat dengan bidang sayatan samping sedalam lebih kurang 1 cm hingga panjang sayatan lebih kurang 10 cm sampai kambium yang terdapat pada sayatan tersebut hilang atau bersih. Setelah itu, pemotongan batang atas dilakukan pada singkong karet yang sudah dipersiapkan dengan panjang 40 cm dengan diameter 1-2 cm dan bagian pangkal batang atas disayat seperti bagian ujung pada batang bawah dengan kedalaman lebih kurang 1 cm dengan panjang lebih kurang 10 cm. Batang atas yang telah disayat tempelkan pada sayatan batang bawah sesuai dengan teknik grafting samping, sehingga keduanya saling menempel satu sama lain. Setelah itu, sambungan diikat menggunakan tali plastik serapat mungkin. Sambungan ini dapat dibuka saat sambungan tersebut benar-benar menyatu. Berikut ini gambar pelaksanaan sambung samping (*splice grafting*) yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penyatuan batang bawah dan batang atas

3.1.4.4 Persiapan bibit dan penanaman

Bibit grafting Mukibat yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Lampung Timur. Bibit tersebut merupakan hasil penyambungan antara singkong karet (*Manihot glaziovii*) sebagai batang atas dan ubi kayu Klon Garuda (*Manihot esculenta Crantz*) sebagai batang bawah yang telah dipersiapkan sebelum penelitian dilaksanakan.

Bibit grafting yang digunakan telah berumur sekitar 3 bulan setelah proses penyambungan, sehingga sambungan antara batang atas dan batang bawah telah menyatu dengan baik dan menunjukkan pertumbuhan yang normal. Pemilihan bibit dilakukan berdasarkan keseragaman ukuran, kesehatan tanaman, keberhasilan sambungan, serta bebas dari gejala serangan hama dan penyakit. Penanaman dilakukan dengan cara ditancapkan ke dalam tanah sedalam 5-7 cm dengan jarak tanam 1 x 1 m. Penyulaman dilakukan 2 MST (minggu setelah tanam). Berikut ini gambar penanaman bibit pada lubang tanam yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penanaman bibit ke dalam lubang tanam

3.1.4.5 Pemupukan

- Pemberian KMP atau granule pada saat selesai tanam dengan dosis 1 ton/ha dengan cara ditaburkan disekitar batang dan di semprot kembali dengan KMC disekitar tanaman dan terkena tanamannya dengan dosis sama yaitu 250 ml/15 liter air, alat harus bersih tujuannya agar kembali menetralkan residu kimia.
- Melakukan penaburan pupuk kandang kambing 1 minggu sebelum tanam pada lubang tanam perlakuan pupuk organik dengan dosis 2 kg/tan, hal ini dimaksudkan agar pupuk kandang kambing terdekomposisi sempurna dalam tanah sebelum dilakukan penanaman.
- Melakukan pemupukan pupuk anorganik NPK Pusri dengan dosis 700 kg/ha pada petak perlakuan pupuk kandang. Pemupukan dilakukan dua kali yaitu pada 14 hari setelah tanam dan 56 hari setelah tanam. Berikut ini gambar pupuk yang digunakan dalam penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 8.

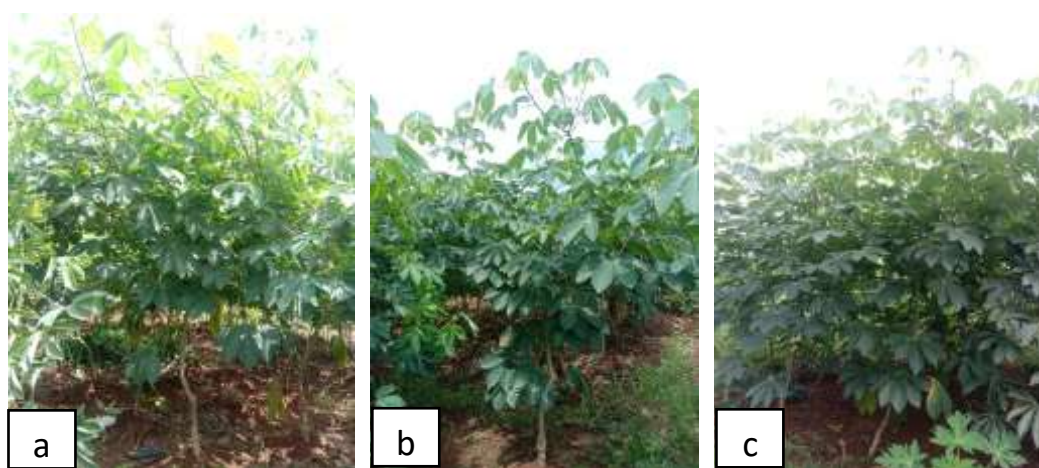


Gambar 8. Pemupukan : a. Pupuk anorganik NPK Pusri 17-6-25), b. Pupuk BBM padat dan cair, c. Pupuk kandang kambing

3.1.4.6 Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dilakukan berupa penyiraman, penyiangan, pembuangan tunas pada batang bawah dan pemangkasan bunga pada singkong karet. Penyiraman dilakukan sekali sehari yaitu pagi atau sore. Penyiangan dilakukan untuk menjaga kebersihan lahan dari gulma dan tanaman terhindar dari organisme pengganggu. Pembuangan tunas pada batang bawah dilakukan apabila terdapat tunas-tunas yang tumbuh pada tanaman ubi kayu Klon Garuda. Tunas tersebut dibuang karena untuk menghindari adanya persaingan tumbuh antara tunas batang bawah dengan batang atas. Pemangkasan bunga karena bunga yang tumbuh akan menyerap

banyak nutrisi yang seharusnya dialirkan ke pertumbuhan umbi. Dengan memangkas bunga, tanaman bisa lebih fokus pada perkembangan umbi, sehingga hasil panen lebih maksimal. Jika bunga dibiarkan tumbuh, energi tanaman akan lebih banyak dialokasikan untuk pembentukan bunga dan biji dibandingkan umbi. Ini bisa menyebabkan ukuran umbi lebih kecil dan hasil panen menurun. Berikut ini penampakan tanaman tanaman ubi kayu grafting Mukibat umur 4 BST (Gambar 9).



Gambar 9. Tanaman umur 4 BST : a. perlakuan pupuk anorganik NPK Pusri, b. Perlakuan pupuk kandang kambing, c. Perlakuan pupuk BBM.

3.1.4.7 Panen

Pemanenan dilakukan dengan manual yaitu mencabut tanaman dari dalam tanah menggunakan tangan dan dibantu dengan alat cangkul. Panen dilakukan ketika tanaman sudah berumur 8 bulan setelah tanam (BST)

3.1.5 Variabel yang diamati

Variabel yang diamati pada karakter pertumbuhan vegetatif terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang dan tingkat percabangan. Pengamatan pada karakter pertumbuhan ini dilakukan pada saat tanaman berumur 1 sampai 4 BST (bulan setelah tanam). Sedangkan pada karakter produksi pengamatan yang dilakukan adalah panjang bentang, panjang akar produktif, diameter umbi, jumlah akar produktif, jumlah akar total, bobot umbi, bobot akar total, kadar pati dan bobot segar brangkas pada 8 bulan setelah tanam (BST)

3.1.5.1 Tinggi Tunas (cm)

Pengukuran tinggi tunas dilakukan dengan mengukur tinggi tunas dari pangkal tunas sampai ujung titik tumbuh tanaman menggunakan meteran dengan satuan cm. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 8 kali yaitu pada saat tanaman berumur 1 sampai 4 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.1.5.2 Jumlah Daun (helai)

Pengukuran jumlah daun dilakukan dengan menjumlahkan daun yang telah terbuka sempurna. Pengukuran ini dilakukan secara langsung tanpa bantuan alat dan dilakukan 8 kali yaitu pada umur tanaman 1 sampai 4 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.1.5.3 Diameter Batang (cm)

Diameter batang diukur menggunakan jangka sorong pada 5 cm dari pangkal tunas. Pengukuran ini dilakukan pada umur tanaman 1 sampai 4 BST (bulan setelah tanam). Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.1.5.4 Tingkat Percabangan (cabang)

Tingkat percabangan diukur saat tanaman sudah berumur 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.1.5.5 Jumlah Akar Produktif (buah)

Pengukuran jumlah akar produktif dilakukan dengan menghitung akar yang sudah menjadi umbi secara langsung. Pengukuran dilakukan sebanyak 1 kali pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.1.5.6 Jumlah Akar Total (buah)

Pengukuran jumlah akar total dilakukan dengan menghitung akar yang sudah menjadi umbi ditambah dengan akar yang tidak menjadi umbi. Pengukuran dilakukan sebanyak 1 kali pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.1.5.7 Diameter Umbi (cm)

Pengukuran diameter umbi dengan menentukan bagian terlebar dari umbi sebagai titik utama pengukuran. Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan meteran di atas bagian tengah umbi. Ukur dari sisi terlebar ke sisi lainnya secara tegak lurus. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 1 kali pada 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.1.5.8 Bentang Akar (cm)

Pengukuran bentang akar dilakukan dengan cara merentangkan meteran atau tali ukur dari ujung akar terpanjang pertama hingga ujung akar terpanjang kedua. Jika umbi berbentuk melengkung, gunakan tali ukur untuk mengikuti lengkungan, lalu ukur panjangnya menggunakan penggaris atau meteran. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 1 kali pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.1.5.9 Panjang Akar Produktif (cm)

Panjang akar produktif dilakukan dengan mengukur akar terpanjang menggunakan meteran pada umur 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.1.5.10 Bobot umbi (kg)

Pengukuran bobot umbi dilakukan dengan mengukur bobot akar yang sudah menjadi umbi. Pengukuran bobot umbi dilakukan dengan memisahkan umbi dari pangkal batang terlebih dahulu. Kemudian diukur bobotnya menggunakan timbangan. Pengukuran ini dilakukan 1 kali pada 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.1.5.11 Bobot Akar Total (kg)

Pengukuran jumlah akar total dilakukan dengan menimbang akar yang sudah menjadi umbi ditambah dengan akar yang tidak menjadi umbi. Pengukuran dilakukan sebanyak 1 kali pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.1.5.12 Kadar Pati (%)

Kadar pati diukur pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan. Kadar pati diukur secara langsung menggunakan timbangan khusus berat jenis yang telah dikalibrasi untuk menampilkan nilai persentase pati. Sampel umbi yang telah dibersihkan dan dipotong tipis sekitar 1 cm. Setelah dipotong, sampel ditimbang terlebih dahulu di udara menggunakan timbangan khusus berat jenis hingga mencapai berat total 5 kg. Setelah berat udara tercapai, sampel kemudian dimasukkan ke dalam keranjang logam yang tergantung pada alat, lalu dicelupkan sepenuhnya ke dalam air bersih tanpa menyentuh dasar atau dinding wadah. Setelah timbangan stabil, nilai persentase kadar pati dibaca langsung dari skala alat. Metode ini memanfaatkan prinsip berat jenis, semakin tinggi kadar pati dalam umbi, semakin tinggi densitasnya, sehingga menghasilkan pembacaan persentase pati yang akurat.

3.1.5.13 Bobot Segar Brangkasan (kg)

Bobot segar brangkasan dihitung dengan menimbang daun segar dan batang segar pada 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.1.5.14 Keberhasilan grafting

Pengamatan dilakukan pada tanaman berumur 8 BST. Pengamatan dilakukan dengan cara melihat kalus yang terbentuk dan penampang *graft union*.

3.1.6 Analisis data

Data hasil penelitian diuji dengan Uji Bartlett untuk melihat apakah data memiliki varians yang sama (homogen). Selanjutnya digunakan Uji Tukey untuk melihat bagaimana sebaran datanya. Jika syarat-syarat tersebut terpenuhi, maka dilakukan *analysis of variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada tingkat kepercayaan 5%. Analisis data dilakukan menggunakan software Microsoft Excel, Minitab, dan R Studio.

3.2 Percobaan II : Pengaruh Aplikasi Auksin dan Klon Batang Bawah Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu Grafting Mukibat

3.2.1 Waktu dan Tempat Percobaan

Percobaan dilaksanakan di Rajabasa Raya, Bandar Lampung, Lampung 5.3565° S 105.2492° E, pada bulan Desember 2024 sampai dengan September 2025.

3.2.2 Alat dan Bahan

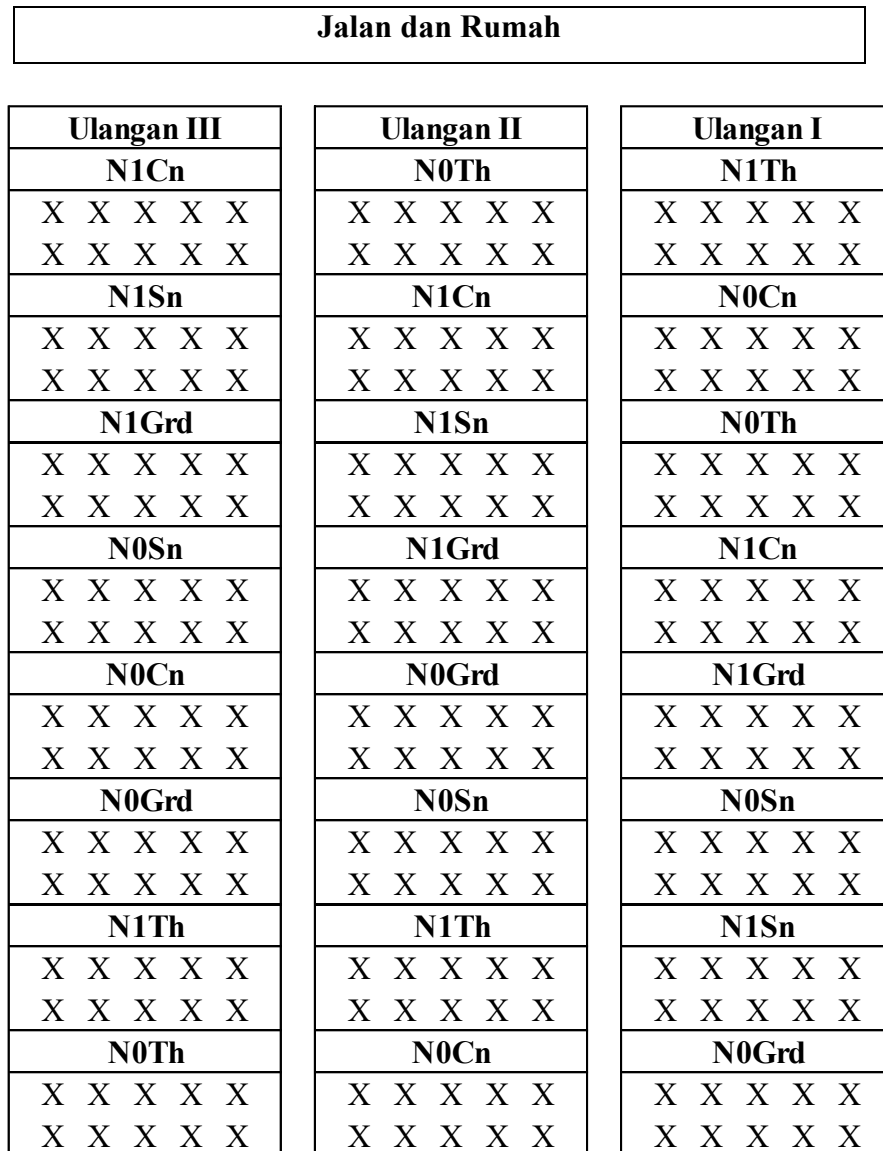
Bahan yang digunakan diantaranya ubi kayu Klon Garuda, soponyono, cino dan UJ3, pupuk NPK Pusri, bubuk NAA 750 ppm+ IBA 750 ppm, dan plastik. Alat yang digunakan adalah traktor, cangkul, pisau, gergaji, jangka sorong, timbangan analitik, *Starch Content Analyzer* atau timbangan kadar pati meteran, dan alat tulis.

3.2.3 Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktorial perlakuan disusun secara faktorial (2x4) diperoleh 8 kombinasi perlakuan dan 3 ulangan sehingga terdapat 24 satuan percobaan (Gambar 10). Setiap perlakuan ditanam singkong sebanyak 10 tanaman dengan jarak 1 x 1 m, sehingga terdapat 240 tanaman. Faktor pertama Auksin yaitu NAA 0 ppm + IBA 0 ppm dan NAA 750 ppm + IBA 750 ppm. Faktor keduanya adalah jenis Klon yaitu Klon Cino, UJ3, Soponyono, dan Garuda. percobaan ini panjang batang singkong 40 cm dengan 2 keratan sehingga kombinasi percobaan ini sebagai berikut

1. N0Cn = Auksin (0 ppm NAA + IBA) + Klon Cino
2. N0Th = Auksin (0 ppm NAA + IBA) + Klon UJ3
3. N0Sn = Auksin (0 ppm NAA + IBA) + Klon Soponyono
4. N0Grd = Auksin (0 ppm NAA + IBA) + Klon Garuda
5. N1Cn = Auksin (750 ppm NAA + 750 ppm IBA) + Klon Cino
6. N1Th = Auksin (750 ppm NAA + 750 ppm IBA) + Klon UJ3
7. N1Sn = Auksin (750 ppm NAA + 750 ppm IBA) + Klon Soponyono
8. N1Grd = Auksin (750 ppm NAA + 750 ppm IBA) + Klon Garuda

Berikut adalah tata letak percobaan II :



Gambar 10. Tata letak Percobaan II

3.2.4 Pelaksanaan percobaan

3.2.4.1 Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah dilakukan dengan menggunakan traktor, yang bertujuan untuk mengemburkan tanah. Kemudian dibuat petak tanam ukuran 5 x 2 m sebanyak 8 petakan. Kemudian dibuat lubang tanam dengan jarak 1 x 1 m.

3.2.4.2 Penyiapan Bibit

a. Pemilihan Batang Atas

Batang atas yang digunakan pada Teknik grafting samping berasal dari batang bagian pucuk tanaman singkong karet yang dipotong secara horizontal dengan panjang 40 cm dan berdiameter 1-2 cm. Batang atas yang digunakan memiliki ciri-ciri yaitu pertumbuhannya baik, batangnya lurus dan tinggi serta terbebas dari serangan hama dan penyakit. Pohon induk yang digunakan sebagai batang atas berasal dari lahan Kebun Percobaan dan Percontohan Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Lampung.

b. Pemilihan Batang Bawah

Batang bawah yang digunakan adalah batang ubi kayu Klon Cino, UJ3, Soponyono, dan Garuda yang berfungsi sebagai sistem perakaran. Batang bawah yang dipilih yaitu batang yang tumbuh tegak, memiliki diameter batang antara 1-2 cm, sudah berumur 2-3 bulan dan tanaman dalam keadaan sehat.

3.2.4.3 Pelaksanaan Grafting

Metode sambungan yang digunakan adalah metode sambung samping. Grafting dengan metode Teknik grafting samping diawali dengan pemotongan batang bawah berukuran 40 cm. Kemudian, bagian ujung batang bawah disayat dengan bidang sayatan samping sedalam lebih kurang 1 cm hingga panjang sayatan lebih kurang 10 cm sampai kambium yang terdapat pada sayatan tersebut hilang atau bersih. Setelah itu, pemotongan batang atas dilakukan pada singkong karet yang sudah dipersiapkan dengan panjang 40 cm dengan diameter 1-2 cm dan bagian pangkal batang atas disayat seperti bagian ujung pada batang bawah dengan kedalaman lebih kurang 1 cm dengan panjang lebih kurang 10 cm. Batang atas yang telah disayat tempelkan pada sayatan batang bawah sesuai dengan teknik grafting samping, sehingga keduanya saling menempel satu sama lain. Setelah itu, sambungan diikat menggunakan tali plastik serapat mungkin. Sambungan ini dapat dibuka saat sambungan tersebut benar-benar menyatu.

3.2.4.4 Persiapan pasta ZPT

Pembuatan bubuk auksin dengan konsentrasi NAA 750 ppm + IBA 750 ppm , mula-mula persiapkan bahan berupa 75 mg NAA dan 75 mg IBA yang akan dilarutkan bersama-sama ke dalam 10 ml alkohol 90% hingga larutan menjadi homogen. Setelah itu, tuangkan secara merata ke dalam 96 g talk industri yang telah dicampur sebelumnya dengan 4 g fungisida (berbahan aktif mancozeb 80%) sebagai pengawet alami. Campuran tersebut diaduk secara hati-hati hingga semua bahan tercampur rata, lalu didiamkan selama 2–3 hari hingga benar-benar kering membentuk bubuk. Hasil akhir seberat sekitar 100 gram siap digunakan. Aplikasi bubuk NAA 750 ppm + IBA 750 ppm yang diuji dilakukan dengan mengoleskan pasta yang dibuat dari bubuk auksin + air (1 gram/ml air) ke \pm 9 cm bagian terbawah setek singkong sedemikian rupa sehingga bagian yang dikerat semuanya terolesi pasta NAA. Berikut ini gambar pengaplikasian auksin pada ujung pangkal setek ubi kayu dengan menggunakan kuas sebelum dilakukan penanaman yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Aplikasi auksin pada setek ubi kayu

3.2.4.5 Penanaman dan penyulaman

Penanaman dilakukan dilahan Rara Estate Rajabasa, Bandar Lampung. Singkong yang sudah di grafting dan dikeratkan diolesi pasta auksin NAA 750 ppm + IBA 750 ppm sesuai perlakuan menggunakan kuas ke bagian bawah singkong grafting sepanjang lebih kurang 9 cm dan ditiriskan selama 10-15 menit. Penanaman

dilakukan dengan cara ditancapkan ke dalam tanah sedalam 10 cm dengan jarak tanam 1 x 1 m. Penyulaman dilakukan 2 MST (minggu setelah tanam).

3.2.4.6 Pemupukan

Pemupukan pupuk anorganik NPK Pusri dengan dosis 700 kg/ha pada petak perlakuan pupuk kandang. Pemupukan dilakukan dua kali yaitu pada 14 hari setelah tanam dan 56 hari setelah tanam.

3.2.4.7 Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dilakukan berupa penyiraman, penyiangan, pembuangan tunas pada batang bawah dan pemangkasan bunga pada singkong karet. Penyiraman dilakukan sekali sehari yaitu pagi atau sore. Penyiangan dilakukan untuk menjaga kebersihan lahan dari gulma dan tanaman terhindar dari organisme pengganggu. Pembuangan tunas pada batang bawah dilakukan apabila terdapat tunas-tunas yang tumbuh pada tanaman singkong Garuda. Tunas tersebut dibuang karena untuk menghindari adanya persaingan tumbuh antara tunas batang bawah dengan batang atas. Pemangkasan bunga karena bunga yang tumbuh akan menyerap banyak nutrisi yang seharusnya dialirkan ke pertumbuhan umbi. Dengan memangkas bunga, tanaman bisa lebih fokus pada perkembangan umbi, sehingga hasil panen lebih maksimal. Jika bunga dibiarkan tumbuh, energi tanaman akan lebih banyak dialokasikan untuk pembentukan bunga dan biji dibandingkan umbi. Ini bisa menyebabkan ukuran umbi lebih kecil dan hasil panen menurun.

3.2.4.8 Panen

Pemanenan dilakukan dengan manual yaitu mencabut tanaman dari dalam tanah menggunakan tangan dan dibantu dengan alat cangkul. Panen dilakukan ketika tanaman sudah berumur 8 bulan setelah tanam (BST)

3.2.5 Variabel yang diamati

Variabel yang diamati pada karakter pertumbuhan vegetatif terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang dan tingkat percabangan. Pengamatan pada karakter pertumbuhan ini dilakukan pada saat tanaman berumur 1 sampai 4 BST (bulan setelah tanam). Sedangkan pada karakter produksi pengamatan yang dilakukan adalah panjang bentang, panjang akar produktif, diameter umbi, jumlah

akar produktif, jumlah akar total, bobot umbi , bobot umbi total, kadar pati dan bobot segar brangkasan pada 8 bulan setelah tanam (BST)

3.2.5.1 Tinggi Tunas (cm)

Pengukuran tinggi tunas dilakukan dengan mengukur tinggi tunas dari pangkal tunas sampai ujung titik tumbuh tanaman menggunakan meteran dengan satuan cm. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 8 kali yaitu pada saat tanaman berumur 1 sampai 4 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.2.5.2 Jumlah Daun (helai)

Pengukuran jumlah daun dilakukan dengan menjumlahkan daun yang telah terbuka sempurna. Pengukuran ini dilakukan secara langsung tanpa bantuan alat dan dilakukan 8 kali yaitu pada umur tanaman 1 sampai 4 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.2.5.3 Diameter Batang (cm)

Diameter batang diukur menggunakan jangka sorong pada 5 cm dari pangkal tunas. Pengukuran ini dilakukan pada umur tanaman 1 sampai 4 BST (bulan setelah tanam). Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.2.5.4 Tingkat Percabangan (cabang)

Tingkat percabangan diukur saat tanaman sudah berumur 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.2.5.5 Jumlah Akar Produktif (buah)

Pengukuran jumlah akar produktif dilakukan dengan menghitung akar yang sudah menjadi umbi secara langsung. Pengukuran dilakukan sebanyak 1 kali pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.2.5.6 Jumlah Akar Total (buah)

Pengukuran jumlah akar total dilakukan dengan menghitung akar yang sudah menjadi umbi ditambah dengan akar yang tidak menjadi umbi. Pengukuran

dilakukan sebanyak 1 kali pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.2.5.7 Diameter Umbi (cm)

Pengukuran diameter umbi dengan menentukan bagian terlebar dari umbi sebagai titik utama pengukuran. Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan meteran di atas bagian tengah umbi. Ukur dari sisi terlebar ke sisi lainnya secara tegak lurus. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 1 kali pada 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.2.5.8 Bentang Akar (cm)

Pengukuran bentang akar dilakukan dengan cara merentangkan meteran atau tali ukur dari ujung akar terpanjang pertama hingga ujung akar terpanjang kedua. Jika umbi berbentuk melengkung, gunakan tali ukur untuk mengikuti lengkungan, lalu ukur panjangnya menggunakan penggaris atau meteran. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 1 kali pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.2.5.9 Panjang Akar Produktif (cm)

Panjang akar produktif dilakukan dengan mengukur akar terpanjang menggunakan meteran pada umur 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.2.5.10 Bobot umbi (kg)

Pengukuran bobot umbi dilakukan dengan mengukur bobot akar yang sudah menjadi umbi. Pengukuran bobot umbi dilakukan dengan memisahkan umbi dari pangkal batang terlebih dahulu. Kemudian diukur bobotnya menggunakan timbangan. Pengukuran ini dilakukan 1 kali pada 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan

3.2.5.11 Bobot Akar Total (kg)

Pengukuran jumlah akar total dilakukan dengan menimbang akar yang sudah menjadi umbi ditambah dengan akar yang tidak menjadi umbi. Pengukuran dilakukan sebanyak 1 kali pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.2.5.12 Kadar Pati (%)

Kadar pati diukur pada umur tanaman 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan. Kadar pati diukur secara langsung menggunakan timbangan khusus berat jenis yang telah dikalibrasi untuk menampilkan nilai persentase pati. Sampel umbi yang telah dibersihkan dan dipotong tipis sekitar 1 cm. Setelah dipotong, sampel ditimbang terlebih dahulu di udara menggunakan timbangan khusus berat jenis hingga mencapai berat total 5 kg. Setelah berat udara tercapai, sampel kemudian dimasukkan ke dalam keranjang logam yang tergantung pada alat, lalu dicelupkan sepenuhnya ke dalam air bersih tanpa menyentuh dasar atau dinding wadah. Setelah timbangan stabil, nilai persentase kadar pati dibaca langsung dari skala alat. Metode ini memanfaatkan prinsip berat jenis, semakin tinggi kadar pati dalam umbi, semakin tinggi densitasnya, sehingga menghasilkan pembacaan persentase pati yang akurat.

3.2.5.13 Bobot Segar Brangkasan (kg)

Bobot segar brangkasan dihitung dengan menimbang daun segar dan batang segar pada 8 BST. Jumlah sampel yang diamati adalah 5 sampel ubi kayu setiap perlakuan.

3.2.5.14 Keberhasilan grafting

Pengamatan dilakukan pada tanaman berumur 8 BST. Pengamatan dilakukan dengan cara melihat kalus yang terbentuk dan penampang *graft union*.

3.2.6 Analisis data

Data hasil penelitian diuji dengan Uji Bartlett untuk melihat apakah data memiliki varians yang sama (homogen). Selanjutnya digunakan Uji Tukey untuk melihat bagaimana sebaran datanya. Jika syarat-syarat tersebut terpenuhi, maka dilakukan *analysis of variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada tingkat kepercayaan 5%. Analisis data dilakukan menggunakan software Microsoft Excel, Minitab, dan R Studio.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada umur 8 bulan setelah tanam (BST):

Percobaan I:

1. Teknik grafting Mukibat secara nyata meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan produktivitas ubi kayu Klon Garuda dibandingkan metode setek konvensional, yang ditunjukkan oleh peningkatan jumlah daun, diameter batang, percabangan, dan bobot brangkasan. Peningkatan pertumbuhan tersebut berimplikasi langsung pada peningkatan bobot umbi hampir dua kali lipat, yaitu 20,56 kg/tanaman (205,66 ton/ha) pada sistem Mukibat dibandingkan 10,37 kg/tanaman (103,77 ton/ha) pada setek, atau meningkat 98,26%. Meskipun kadar pati umbi tidak berbeda nyata, peningkatan bobot umbi menyebabkan total produksi pati per hektar meningkat sebesar 102,77%, dari 24,90 ton/ha pada setek menjadi 50,49 ton/ha pada sistem Mukibat.
2. Pupuk Berbasis Mikroba (BBM) memberikan respons pertumbuhan dan hasil terbaik, terutama melalui peningkatan jumlah daun dan diameter batang, yang berdampak pada peningkatan bobot umbi sebesar 34,49%, yaitu mencapai 17,47 kg/tanaman (174,66 ton/ha) dibandingkan pupuk kimia anorganik yang hanya menghasilkan 12,99 kg/tanaman (129,91 ton/ha). Meskipun jenis pupuk tidak berpengaruh nyata terhadap kadar pati umbi, peningkatan bobot umbi pada perlakuan BBM menyebabkan total produksi pati per hektar meningkat sebesar 32,15%, dari 32,50 ton/ha pada pupuk anorganik menjadi 42,95 ton/ha pada perlakuan BBM..

3. Tidak terdapat interaksi yang nyata antara asal bahan tanam dan jenis pupuk terhadap seluruh variabel yang diamati, sehingga respons tanaman terhadap jenis pupuk relatif konsisten baik pada tanaman hasil grafting Mukibat maupun setek konvensional.

Percobaan II:

1. Aplikasi auksin kombinasi NAA 750 ppm + IBA 750 ppm secara nyata meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan produktivitas ubi kayu Klon Garuda pada sistem grafting Mukibat, yang ditunjukkan oleh peningkatan tinggi tunas, jumlah daun, diameter batang, tingkat percabangan, dan bobot segar brangkasan. Peningkatan pertumbuhan vegetatif tersebut berimplikasi langsung pada peningkatan bobot umbi sebesar 44,25%, yaitu mencapai 22,69 kg/tanaman (226,9 ton/ha) dibandingkan tanpa auksin sebesar 15,73 kg/tanaman (157,3 ton/ha). Selain itu, aplikasi auksin juga meningkatkan kadar pati umbi dari 21,54% menjadi 24,75% atau naik 14,90%, sehingga total produksi pati per hektar meningkat sangat signifikan sebesar 65,76%, dari 33,88 ton/ha pada kontrol menjadi 56,16 ton/ha pada perlakuan auksin.
2. Klon batang bawah memberikan respons pertumbuhan dan hasil yang berbeda pada sistem grafting Mukibat, terutama dalam menentukan bobot umbi. Klon Soponyono menunjukkan kinerja terbaik dalam peningkatan biomassa umbi, dengan bobot umbi mencapai 25,45 kg/tanaman (254,5 ton/ha), meningkat 64,30% dibandingkan Klon Cino, 58,47% dibandingkan Klon UJ3, dan 28,41% dibandingkan Klon Garuda. Meskipun kadar pati umbi pada Klon Soponyono relatif lebih rendah (20,88%), bobot umbi yang tinggi menyebabkan total produksi pati per hektar tetap tertinggi, yaitu 53,14 ton/ha, lebih tinggi 20,08% dibandingkan Klon Garuda (48,40 ton/ha). Hal ini menunjukkan bahwa Klon batang bawah berperan penting dalam menentukan keseimbangan antara kuantitas hasil dan kualitas pati.
3. Tidak terdapat interaksi yang nyata antara aplikasi auksin dan klon batang bawah terhadap seluruh variabel yang diamati, sehingga respons tanaman terhadap pemberian auksin relatif konsisten pada seluruh klon batang

bawah yang digunakan. Temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas aplikasi auksin dalam meningkatkan pertumbuhan, bobot umbi, dan akumulasi pati tidak bergantung pada perbedaan genetik klon batang bawah dalam sistem grafting Mukibat..

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut di berbagai lokasi dengan kondisi tanah dan iklim yang berbeda, serta pada musim tanam yang berlainan untuk memastikan konsistensi dan stabilitas keunggulan kombinasi teknik grafting Mukibat, pupuk berbasis mikroba (BBM), dan aplikasi auksin.
2. Teknik grafting Mukibat sangat disarankan untuk digunakan sebagai alternatif perbanyak unggul menggantikan metode setek konvensional guna meningkatkan produktivitas ubi kayu secara signifikan. Jika tujuan utama budidaya adalah untuk memaksimalkan bobot umbi, maka Klon Sopyono merupakan pilihan terbaik sebagai batang bawah dalam sistem grafting Mukibat. Jika tujuan utama adalah untuk mendapatkan kualitas pati yang tinggi, maka penggunaan Klon Garuda atau Cino lebih direkomendasikan sebagai batang bawah.
3. Perlu dilakukan analisis ekonomi secara komprehensif pada penelitian selanjutnya untuk mengevaluasi kelayakan finansial penerapan teknologi grafting Mukibat dalam skala usahatani. Analisis tersebut mencakup perhitungan biaya produksi tambahan akibat proses grafting (tenaga kerja, bahan sambungan, dan masa pembibitan), nilai tambah hasil panen berupa peningkatan bobot umbi dan total produksi pati per hektar, serta perhitungan B/C ratio, *Net Present Value* (NPV), dan titik impas (*break-even point*) dibandingkan metode setek konvensional. Mengingat produktivitas sistem grafting Mukibat pada penelitian ini mencapai 205,66–226,90 ton/ha atau 5–8 kali lebih tinggi dibandingkan rata-rata produktivitas petani di Lampung (27–30 ton/ha), analisis ekonomi sangat penting untuk menentukan apakah keunggulan agronomis tersebut juga diterjemahkan menjadi keunggulan ekonomi yang nyata dan dapat diadopsi oleh petani secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., and Kadmiri, I., 2021. Nitrogen Fixing Azotobacter Species as Potential Soil Biological Enhancers for Crop Nutrition and Yield Stability. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>.
- Agustiansyah, Jamaludin, Y., Yusnita, dan Hapsoro, D. 2018. NAA lebih efektif dibandingkan IBA untuk pembentukan akar pada cangkok jambu bol (*Syzygium malaccense* (L.) Merr dan Perry). *Jurnal Horti Indonesia*, 9(1), 1-9.
- Adu, M. O., Asare, P. A., Asare-Bediako, E., Abano, E. E., and Asare-Brempong, M. (2018). Physiological determinants of storage root yield in cassava (*Manihot esculenta* Crantz): A review. *Agricultural Reviews*, 39(3), 190–198.
- Ahit, O.P., Abit, S.E. and Posas, M.B., 1981. Growth and development of cassava under the traditional and the Mukibat system of planting. *Annals of Tropical Research*, 3(3), pp.187–198.
- Alpriyan, D. dan Karyawati, A.S. 2018. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman hormone auksin pada bibit tebu (*Saccharum officinarum* L.) Teknik bud chip. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(7):1354-1362.
- Alves, A.A.C., 2002. *Cassava botany and physiology*. Wallingford: CAB International.
- Anwar, S., Santosa, E., and Purwono. 2023. Cassava growth and yield on ultisol of different soil organic carbon content and NPK fertilizer levels. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 51(3), 312-323.
- Amarullah., Indradewa, D., Yudono, P., and Sunarminto, B., 2017. Effect of source-sink manipulation on yield and related yield components in cassava, *Manihot esculenta* Crantz. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, 6, pp. 69-76. <https://doi.org/10.3329/ijarit.v6i2.31708>.
- Apriliani, A., Anelio, A., dan Sumirwen. 2015. Pemberian beberapa jenis dan konsentrasi auksin untuk menginduksi perakaran pada setek pucuk buyur (*Pterospermum javanicum* Jungh.) dalam upaya perbanyak tanaman revegetasi. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 4(3), 178-187.

- Ardian, Setiawan, K., Kamal, M., Pramono, E., Hadi, M., and , S., 2025. Genetics variances of three elite cassava clones under different environment of fertilizer types. *BIO Web of Conferences*.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/202515803009>.
- Arifin, Idawati, dan Suryaatmaja. 2012. Janji Singkong. *Majalah Trubus* No. 509 hal 26-31.
- Arifwan, Erwin, dan Kartika, R. 2016. Pembuatan bioetanol dari singkong karet (*Manihot esculenta* Muell) dengan hidrolisis enzimatik dan difermentasi menggunakan *Saccharmycess cerevisiae*. *Jurnal Atomik*, 1(1), 10-12.
- Artha, D. D., Yusnita, Y., dan Sugiatno, S. (2015). Pengaruh Aplikasi Kombinasi NAA (*Naphtaleneacetic Acid*) dan IBA (*Indole Butyric Acid*) terhadap Pengakaran Setek Lada (*Piper nigrum* Linn) Varietas Natar 1. *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(1).
- Asmara, S. Widyastuti, R.A.D., dan Sanjaya, P. 2022. Perumbuhan akar stek singkong (*Manihot Esculenta* Crantz) hasil pengeratan dengan menggunakan alat pengerat bibit singkong (rabikong). *Jurnal Agrotek Tropika*. Vol (10) : 309-314.
- Asyarati, N. K. (2021). *Pengaruh Klon ubi kayu (Manihot esculenta Crantz) sebagai batang atas terhadap keberhasilan grafting menggunakan batang bawah singkong karet (Manihot glaziovii Mueller)* (Skripsi). Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Atmoko, A., Perdana, A. S., Alfina, A., dan Riyanto, A. 2022. Perbedaan pemberian konsentrasi ZPT IBA terhadap induksi akar adventif tanaman kayu manis dengan metode cangkok. *In Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian* (pp. 529-536).
- Asra, R., Samarlina, R. A., dan Silalahi, M. 2020. *Hormon Tumbuhan*. UKI Press. Jakarta. 176 hlm.
- Ayamba, B., Abaidoo, R., Opoku, A., and Ewusi-Mensah, N., 2021. Enhancing the Fertilizer Value of Cattle Manure Using Organic Resources for Soil Fertility Improvement: A Review. *Journal of Bioresource Management*.
<https://doi.org/10.35691/jbm.1202.0198>.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistik Produksi Singkong di Indonesia dan Lampung*. Jakarta: BPS.
- Baghel, M., Raut, U. A., and Ramteke, V. 2016. Effect of IBA concentration and time of air-layering in guava cv L-49. *Research Journal of Agriculture Science*, 7(1), 117-120.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2010. *Peranan Unsur Hara N, P, K dalam Proses Metabolisme Tanaman*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

- Bangthong, P., Vuttipongchaikij, S., Kongsil, P., Ceballos, H., and Kittipadakul, P., 2021. Evaluation of manihot glaziovii scion-cassava understock grafting for cassava growth and root yield during rainy and dry seasons. *Journal of Crop Improvement*, 36, pp. 193 - 206.
<https://doi.org/10.1080/15427528.2021.1931609>.
- Bhatt, M., Labanya, R., and Joshi, H., 2019. Influence of Long-term Chemical fertilizers and Organic Manures on Soil Fertility - A Review. *Universal Journal of Agricultural Research*.
<https://doi.org/10.13189/ujar.2019.070502>.
- Behera, S., Jyotirmayee, B., Mandal, U., Mishra, A., Mohanty, P., and Mahalik, G., 2022. Effect of Organic Fertilizer on Growth, Yield and Quality of Pisum sativum L.: A Review. *Ecology, Environment and Conservation*.
<https://doi.org/10.53550/eec.2022.v28i02s.039>.
- Cai, J., Zhang, J., Ding, Y., Yu, S., Lin, H., Yuan, Z., Li, K., Ou, W., and Chen, S. (2021). Different Fertilizers Applied Alter Fungal Community Structure in Rhizospheric Soil of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and Increase Crop Yield. *Frontiers in Microbiology*, 12.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.663781>.
- Carine, T., Francis, N., and Ngalle, E., 2019. Appropriate fertilizer (NPK) rates for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the humid forest agro-ecological zone of Cameroon. *African Journal of Agricultural Research*, 14, pp. 2017-2022. <https://doi.org/10.5897/ajar2019.14186>.
- Cock, J.H., Franklin, D., Sandoval, G. and Juri, P., 1979. The Ideal Cassava Plant for maximum Yield. *Crop Sci.*, 19: 271--279.
- Cock, J. H. (1985). *Cassava: New potential for a neglected crop* . CIAT.
- Cock, J.H., 1992. Ubi kayu. In: Goldsworthy, P.R. and Fisher, N.M. eds. *Fisiologi tanaman budidaya tropik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, pp.323–345.
- Dalorima, T., Sakimin, S., and Shah, R., 2021. Utilization of organic fertilisers a potential approaches for agronomic crops: A review. *Plant Science today*, 8, pp. 190-198. <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.1.1045>.
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Lampung. (2025). *Statistik produksi dan produktivitas ubi kayu Provinsi Lampung tahun 2024*. Bandar Lampung: Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Lampung.
- Bruijn, G., and Dharmaputra, T., 1974. Mukibat system, a high yielding method of cassava production in Indonesia. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 22, pp. 89-100. <https://doi.org/10.18174/njas.v22i2.17226>.

- Diaguna, R., Suwanto, E., Santosa, A., Hartono, G., Pramuhadi, N., Nuryartono, R., and Yusfiandayani, T. 2022. Morphological and physiological characterization of cassava genotypes on dry land of ultisol soil in Indonesia. *International Journal of Agronomy*, 2022, Article 3599272. <https://doi.org/10.1155/2022/3599272>
- Eganathan, P., Rao, C. S., and Anand, A. 2000. Vegetative propagation of three mangrove tree species by cuttings and air layering. *Wetlands Ecology and Management*, 8(4), 281–286..
- Eguiluz, A., Pinedo, R., and Figueroa, C., 2019. Physiological and Agronomic Characterisation of Six Cassava Clones (*Manihot esculenta* Crantz). *Peruvian Journal of Agronomy*. <https://doi.org/10.21704/pja.v3i3.1209>.
- Ernawati. 2010. Kajian Budidaya Ubikayu (*Manihot Esculenta* Crantz) Sambung Di Lampung Selatan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung. Bandar Lampung.
- Fauzan, N. D., Yusnita, Y., Asmara, S., Karyanto, A., and Widyastuti, R. D. (2025). Improving cassava growth and yield through auxin paste treatment on cuttings: A clonal comparison. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 53(1), 122-130.
- Fauzi, M., Kardhinata, E. H., dan Putri. 2015. Identifikasi dan inventarisasi genotipe tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) di Kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara. *Online Agroekoteknologi*, 3(1), 1082-1088.
- Fiska, A. M. 2019. Uji Daya Hasil dan Deskripsi 15 Klon Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) di Desa Muara Putih Natar Lampung Selatan. Skripsi. Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung.
- Frediansyah, A., 2021. The Microbiome of Cassava (*Manihot esculenta*). *Cassava [Working Title]*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97818>.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B. dan Mitchell, R.L., 1991. Fisiologi tanaman budidaya. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Gleadow, R., Evans, J., Mccaffery, S., and Cavagnaro, T., 2009. Growth and nutritive value of cassava (*Manihot esculenta* Cranz.) are reduced when grown in elevated CO₂. *Plant biology*, 11 Suppl 1, pp. 76-82 . <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00238.x>.
- Giri, A., Verma, R., and Mehta, S., 2025. Biofertilizers: A Sustainable Solution for Enhanced Crop Yield and Soil Health in Modern Agriculture. *International Journal of Plant dan Soil Science*. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2025/v37i85656>.

- Goldsworthy, P.R. and Fisher, N.M. eds., 1992. *Fisiologi tanaman budidaya tropik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Guritno, B., dan Utomo, W. H. (1985). *Pokok-pokok pikiran pengembangan ubikayu*. Dalam *Prosiding Pengembangan Ubikayu di Jawa Timur* (hal. 251–274). Pusat Penelitian Tanaman Ubi-ubian, Universitas Brawijaya; IDRC; Ford Foundation.
- Hartman, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., and Geneve, R. L. 2011. *Hartman and Kester's Plant Propagation: Principles and Practices* (8th ed.). Pearson Education Limited. USA. 890 pp.
- Hartman, H. T., Kester, D. E., Davis, F. T., and Geneve, R. L. 1990. *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice Hall.
- Haryono, Y., Asmara, S., Kuncoro, S., dan Tamrin, T. (2022). Uji Kinerja Alat Pemotong Bibit Singkong (Petokong) Tipe TEP-1 Menggunakan Batang 3 Varietas Tanaman Singkong. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 1(4), 582-590.
- Hidayanto, M., Nurjanah, S., dan Yossita, F. 2003. Pengaruh panjang setek akar dan konsentrasi Natrium-Nitrofenol terhadap pertumbuhan akar sukun (*Artocarpus communis* F.). *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 7(2), 154-160.
- Hridya, A., Byju, G., and Misra, R., 2014. Effects of microbial inoculations on soil chemical, biochemical and microbial biomass carbon of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) growing Vertisols. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60, pp. 239 - 249.
<https://doi.org/10.1080/03650340.2013.791023>.
- Ikeh, A., Ndaeyo, N., and Ikeh, C., 2023. Effects of integrated fertilization on soil sustainability and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) yield in an ultisol. *Journal of Current Opinion in Crop Science*.
<https://doi.org/10.62773/jcocs.v4i2.197>.
- Kaul, S., Sharma, S., A. and Dhar, M. (2019). Phosphate-Solubilising Fungi and Their Potential Role in Sustainable Agriculture. *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment*. [doi: 10.1007/978-3-030-18933-4_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_17).
- Kaur, N., and Kaur, A. 2023. Effect of plant regulators and cutting type on rooting potential of fig (*Ficus carica* L.) stem cuttings. *The Pharma Innovation Journal*, 12(1), 2838-2843.
- Karuniawan, A., Wicaksono, H. N., Ustari, D., Setiwati, T.m dan Supriatun, T. 2017. Identifikasi keragaman genetic plasma nutfah ubi kayu liar (*Manihot glaziovii* Muell) berdasarkan karakter morfo-agronomi. *Jurnal Kultivasi*, 16(3), 435-443.

- Khairullah. 2014. Ghally Organik (GO). PT. Ghally Roelies. Indonesia. Lampung.
- Khairullah, M. (2014). *Penggunaan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Kesehatan Tanah dan Hasil Tanaman*. Jurnal Agroekoteknologi, 2(3), 1011–1020.
- Khairullah, M., Suhardi, dan Iswadi, Y. (2014). *Pengaruh Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Sifat Kimia Tanah dan Produksi Jagung Manis*. Jurnal Agrotek Ummat, 1(1), 1–10.
- Kamila, P. K., Das, P. K., Mohapatra, P. K., and Panda, P. C. 2020. Effect of auxin on rooting of stem cuttings in *Hypericum gaitii*. *Journal of Herbs, Spices dan Medicinal Plants*, 26(1), 1-12.
- Konan, K., Coulibaly, S., Kouassi, K., Zoro, B., and Dogbo, D. (2020). Coupling Compost from Chicken Manure and Inorganic Fertilizer to Improve Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Growth and Yield on a Ferralitic Soil in Côte d'Ivoire. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 8, 1472-1478. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i7.1472-1478.3307>.
- Konrad, M. 2001. Making your own hormone paste. *Journal of the American Rhododendron Society*, 55(3), 1-2.
- Kotto, F., Yuliadi, E., Setiawan, K., dan Hadi, M. S. 2020. Inventarisasi Klon ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) di empat wilayah Provinsi Lampung. *J. Trop. Upland. Res*, 02(02), 162-172.
- Korobova, A., Ivanov, R., Timergalina, L., Vysotskaya, L., Nuzhnaya, T., Akhiyarova, G., and Kudoyarova, G. (2023). Effect of low light stress on distribution of auxin (indole-3-acetic acid) between shoot and roots and development of lateral roots in barley plants. *Biology*, 12(6), 787.
- Larounga, T., Djodji, A., and Tissalitiyén, A., 2022. Agromorphological Characterization and Evaluation of the Susceptibility of 19 Cassava Clones (*Manihot esculenta* crantz) to Cassava Mosaic Disease and Cassava Bacteriosis in Togo. *East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences*. <https://doi.org/10.36349/easjals.2022.v05i04.002>.
- Lawson, T., Gbaraneh, L., dan Foby, I. (2023). Growth and Yield Responses of Three Cassava Varieties (*Manihot esculenta* Crantz) Using Two Compound Fertilizers in Humid Tropics, Rivers State, Nigeria. *Asian Journal of Research in Crop Science*. <https://doi.org/10.9734/ajrcs/2023/v8i4194>.
- Li, W., Xiong, B., Wang, S., Deng, X., Yin, L., and Li, H., 2016. Regulation Effects of Water and Nitrogen on the Source-Sink Relationship in Potato during the Tuber Bulking Stage. *PLoS ONE*, 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146877>.

- Marsono, dan Paulus, S. 2001. Pupuk akar: Jenis dan aplikasi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Naseer, I., Ahmad, M., Nadeem, S., Ahmad, I., , N., and Zahir, Z., 2019. Rhizobial Inoculants for Sustainable Agriculture: Prospects and Applications. *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_11.
- Nisak, K., Nurhidayati, T., dan Purwani, K. I. 2012. Pengaruh kombinasi konsentrasi ZPT NAA dan BAP pada kultur jaringan tembakau *Nicotiana tabacum*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 1(1), 1-6.
- Nugroho, W. H., Sugito, H. Y., Guritno, B., dan Utomo, W. H. (1985). *Teknologi budi daya ubikayu secara monokultur dan tumpangsari*. Dalam *Prosiding Pengembangan Ubikayu di Jawa Timur* (hal. 181–200). Pusat Penelitian Tanaman Ubi-ubian, Universitas Brawijaya; IDRC; Ford Foundation.
- Nugroho, A., Sari, D. P., dan Prasetyo, T. 2019. Pengaruh pemupukan kimia terhadap hasil panen dan kesuburan tanah pada lahan pertanian intensif. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 21(1), 45-58.
- Opoku-Agyemang, F., Amissah, J., Owusu-Nketia, S., Ofori, P., and Notaguchi, M., 2024. Optimization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grafting technique to enhance its adoption in cassava cultivation. *MethodsX*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102904>.
- Otaiku, A., 2019. Biofertilizer Impacts on Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) Rhizosphere: Crop Yield and Growth Components, Igbariam, Nigeria - Paper 1. , 3. <https://doi.org/10.33552/wjass.2019.03.000575>.
- Otaiku, A., 2019. Biofertilizer Impacts on Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) Cultivation: Improved Soil Health and Quality, Igbariam, Nigeria. *World Journal of Agriculture and Soil Science*. <https://doi.org/10.33552/wjass.2019.04.000578>.
- Overvoorde, P., Fukaki, H., and Beeckman, T. 2010. Auxin control of root development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2, 1-16.
- O.T, O., and K.J, O., 2017. Variability for drought resistance on the growth and yield of five selected cultivars of cassava (*Manihot esculenta*) in Ekiti State, Nigeria. *Asian-Australasian Journal of Bioscience and Biotechnology*. <https://doi.org/10.3329/aajbb.v2i2.64380>.
- Pellet, D., and El-Sharkawy, M., 1994. Sink-Source Relations in Cassava: Effects of Reciprocal Grafting on Yield and Leaf Photosynthesis. *Experimental Agriculture*, 30, pp. 359 - 367. <https://doi.org/10.1017/s0014479700024479>.

- Putra, E., Sudirman, A., dan Indrawati, W. (2016). Pengaruh pupuk organik pada pertumbuhan vegetatif tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) varietas GMP 2 dan GMP 3. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 60-68.
- Pusat Penelitian Tanah. 1982b. Kriteria Penilaian Data Analisis Tanah. Bogor: Departemen Pertanian, Pusat Penelitian Tanah.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian RI (Pusdatin Kementan). (2020). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2020: Pengembangan Produksi Tanaman Umbi-umbian*. Diakses dari Media Indonesia. <https://mediaindonesia.com>
- Pranowo, D., Setiawan, K., Hadi, S., dan Yuliadi, E. 2021. Deskripsi Klon tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* crantz) yang ditanam petani di enam kabupaten di provinsi lampung. *Jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id*, 9(3), 271-280.
- PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. (2023). *Pusri Kembangkan Pupuk NPK untuk Singkong*. Diakses pada 20 Februari 2025, dari <https://www.pusri.co.id/id/news/detail/pusri-kembangkan-pupuk-npk-untuk-singkong>
- Puspitarini, C. N., Yusnita, Y., Asmara, S., Karyanto, A., dan Widyastuti, R. D. (2024). Aplikasi NAA pada setek singkong (*manihot esculenta* crantz) meningkatkan jumlah akar produktif. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(4), 786-793.
- Radjit, B. and Prasetyaswati, N. (2011). potensi hasil umbi dan kadar pati pada beberapa varietas ubikayu dengan sistim sambung (Mukibat)., 11, pp. 35-44. [doi: 10.33366/bs.v11i1.177](https://doi.org/10.33366/bs.v11i1.177).
- Raemakers, C., Jacobsen, E., dan Visser, R., 1997. Micropropagation of *Manihot esculenta* Crantz (Cassava)., pp. 77-102. https://doi.org/10.1007/978-3-662-07774-0_6.
- Republika. 2023. *Pusri Buktikan Pupuk NPK Singkong Mampu Tingkatkan Produktivitas Petani*. Diakses pada 20 Februari 2025, dari <https://ekonomi.republika.co.id/berita/rvtxyf463/pusri-buktikan-pupuk-npk-singkong-mampu-tingkatkan-produktivitas-petani>
- Rochiman, K. dan Harjadi, S.S. 1983. *Pembiakan Vegetatif*. Jurnal Departemen Agronomi. Fakultas Pertanian IPB. 72 hal.
- Rochlani, A., Dalwani, A., Shaikh, N., Shaikh, N., Sharma, S., and S., M. (2022). Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizers: Application in Agricultural Sustainability. *Acta Scientific Microbiology*. <https://doi.org/10.31080/asmi.2022.05.1028>.
- Romly, M. H., Karyanto, A., dan Rugayah. 2017. Pengaruh konsentrasi dan cara pemberian indole-3-butyric acid (IBA) terhadap perkecambah dan

- pertumbuhan seedling manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 7(1), 259-274.
- Romly, M. F., Wahab, P. E. M., and Noraini, M. (2019). Rooting of *Jatropha curcas* L. stem cuttings using different concentrations and application methods of indole-3-butyric acid (IBA). *Journal of Tropical Forest Science*, 31(2), 199-206.
- Rout, G. R., Samantary, S., Rout, M. C., and Das, P. 1996. Metabolic changes during rooting in stem cuttings of *Casuarina equisetifolia* L.: Effect of auxin, the sex, and the type of cutting on rooting. *Plant Growth Regulation*, 19, 13-43.
- Rugayah, Anggalia, I., dan Ginting, Y. C. 2012. Pengaruh konsentrasi dan cara aplikasi IBA (*Indole Butyric Acid*) terhadap pertumbuhan bibit nanas (*Ananas comosus* [L.] Merr.) asal tunas mahkota. *Jurnal Agrotek Tropika*, 17(1), 35-38.
- Safitri, K.N.I. (2025). Pertumbuhan dan pengakaran sebagai respon terhadap NAA, jumlah keratan, jenis bahan organik dan panjang setek ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis Magister. Universitas Lampung.
- Saleh, N., Taufiq, A., Widodo, Y., dan Sundari, T. 2017. *Pedoman budidaya ubi kayu di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Selvaraj, M., Montoya-P, M., Atanbori, J., French, A., and Pridmore, T., 2019. A low-cost aeroponic phenotyping system for storage root development: unravelling the below-ground secrets of cassava (*Manihot esculenta*). *Plant Methods*, 15. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0517-6>.
- S, A., and Isaac, S., 2023. Yield attributes of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and soil properties in Southern Laterites, Kerala as influenced by consortium biofertilizers. *Environment Conservation Journal*. <https://doi.org/10.36953/ecj.15922504>.
- Sonnewald, U., Fernie, A., Gruissem, W., Schläpfer, P., Anjanappa, R., Chang, S., Ludewig, F., Rascher, U., Muller, O., Van Doorn, A., Rabbi, I., dan Zierer, W., 2020. The Cassava Source-Sink project: Opportunities and challenges for crop improvement by metabolic engineering.. *The Plant journal : for cell and molecular biology*. <https://doi.org/10.1111/tpj.14865>.
- Shahwar, D., Mushtaq, Z., Mushtaq, H., Alqarawi, A., Park, Y., Alshahrani, T., and Faizan, S., 2023. Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>.
- Siposova, K., Kollarova, K., Liskova, D., dan Vivodova, Z. 2019. The effect of IBA on composition of maize root cell walls. *Journal of Plant Physiology*, 239, 10-17.

- Sonnewald, U., Fernie, A., Gruissem, W., Schläpfer, P., Anjanappa, R., Chang, S., Ludewig, F., Rascher, U., Muller, O., Van Doorn, A., Rabbi, I., and Zierer, W., 2020. The Cassava Source-Sink project: Opportunities and challenges for crop improvement by metabolic engineering.. *The Plant journal : for cell and molecular biology*. <https://doi.org/10.1111/tpj.14865>.
- Souza, L., Diniz, R., Neves, R., Alves, A., and Oliveira, E., 2018. Grafting as a strategy to increase flowering of cassava. *Scientia Horticulturae*, 240, pp. 544 - 551. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.070>.
- Srivastava, K. K., Hamid, S., Das, B., and Bhatt, K. M. 2008. Effect of indole butyric acid and variety on rooting of leafless cutting of kiwifruit under zero-energy-humidity-chamber. *ENVIS Bulletin*, 14(1), 1-4.
- Subagio, A. (2022). Membangun Negeri dengan Singkong: Prospek Singkong sebagai Bahan Kuliner Bermutu. Makalah disajikan dalam Bimbingan Teknis dan Sosialisasi Tanaman Pangan, "Kuliner Pangan Lokal Indonesia dan Pengembangan Industrinya" (Episode 440), tanggal 28 April 2022, diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Subandi. 2009. *Teknologi budidaya ubi kayu*. Iptek Tanaman Pangan, 4(2), 131-153.
- Suhardjito. 2017. Pengaruh zat pengatur tumbuh terhadap pertumbuhan bibit pada tanaman singkong (*Manihot esculenta* Crantz) dengan metode single bud. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 18(1), 46-53.
- Taufik Budiman. (1972). *Sebatang singkong dapat berumbi satu kwintal* . Intisari, 8(102), 121–124.
- Tani Bertopeng. 2023. Review Singkong Cino, Sekoci Garuda dan Tailan Umur 7 Bulan dalam Satu Lahan. https://youtu.be/65_TYBeX_dw?si=1EuccHuryp8lsxp Diakses 19 Februari 2025.
- Timofeeva, A., Galyamova, M., dan Sedykh, S. (2023). Plant Growth-Promoting Soil Bacteria: Nitrogen Fixation, Phosphate Solubilization, Siderophore Production, and Other Biological Activities. *Plants*, 12. <https://doi.org/10.3390/plants12244074>.
- Tirtawinata, M. R. 2003. Kajian anatomi dan fisiologi sambungan Bibit Manggis dengan beberapa anggota kerabat Clusiaceae. Disertasi. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Triana, M., Yusnita, Y., Utomo, S. D., Hapsoro, D., and Yelli, F. (2025). Effect of Indole Butyric Acid (IBA) Application and Spliced Grafting on the Growth of Garuda Clone Cassava. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 14(6), 2046-2056.

- Utomo, S., Laksana, D., and Edy, A., 2025. Cassava Cultivar Development Toward Attainment of Zero Hunger: Variation of Morphological and Agronomic Characters and Selection on F1 Population. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*. <https://doi.org/10.47172/2965-730x.sdgsreview.v5.n06.pe06928>.
- Utomo, S. D., et al. (2022). *Metode perbanyak tanaman ubi kayu melalui grafting untuk produksi stek unggul* (Patent Indonesia No. IDS000004687). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan HAM RI.
- Vandegeer, R., Miller, R., Bain, M., Gleadow, R., and Cavagnaro, T., 2013. Drought adversely affects tuber development and nutritional quality of the staple crop cassava (*Manihot esculenta* Crantz).. *Functional plant biology : FPB*, 40 2, pp. 195-200 . <https://doi.org/10.1071/fp12179>.
- Vaishnavi, K., Shoba, T., Thangamani, C., Malathi, P., Anandham, R., Balachandar, D., Sakthivel, N., Kavitha, C., and Raghu, R. (2025). Bioinoculants: A natural boost for tuber yields. *Plant Science Today*. <https://doi.org/10.14719/pst.9509>.
- Veltkamp, H., 1985. Physiological causes of yield variation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). . <https://doi.org/10.18174/205651>.
- Wadhekar, W., Nainwad, R. V., Jivrag, K. P., and Girase, L. A. 2022. Effect of chemicals and biomix on shoot growth and success of cuttings in dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *The Pharma Innovation Journal*, 11(11), 2410-2413.
- Waluyo, T. (2020). Pemanfaatan Hormon Tumbuh Organik Untuk Meningkatkan Produktivitas Singkong Hasil Eksplorasi Seleksi Bibit Unggul . *Jurnal Ilmu Dan Budaya*, Edisi Khusus Berlian RI 75 Tahun, 8207–8217.
- Wati, T. A. S., Yusnita, Y., Asmara, S., Karyanto, A., dan Widyastuti, R. A. D. (2025). Aplikasi campuran auksin naa dan iba pada pertumbuhan dan hasil ubikayu. *Jurnal Agrotropika*, 24(2), 290-299.
- Widyastuti, R., Adiyaksa, I., Wulandari, D., and Zuhud, E., 2025. Effect of Bio-Organic Fertilizer on Soil Organism in Experimental Oil Palm Plantation Cikabayan, Bogor, Indonesia. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. <https://doi.org/10.29244/jitl.27.1.7-15>.
- Wikipedia. 2025. 1-Naphthaleneacetic acid (NAA). https://en.wikipedia.org/wiki/1-Naphthaleneacetic_acid. Diakses pada 20 Februari 2025.
- Wikipedia. 2025. Indole-3-Butyric Acid. https://en.wikipedia.org/wiki/Indole-3-butyric_acid. Diakses pada 20 Februari 2025.

- Yazal, M., 2022. A Combination of Wounding, IBA and NAA Resulted in Better Rooting and Shoot Sprouting in White Adriatic Fig (*Ficus Carica* L.) Stem Cuttings. *Open Access Journal of Agricultural Research*.
<https://doi.org/10.23880/oajar-16000279>.
- YouTube. (2023). *Pupuk Khusus Singkong NPK Pusri 17-6-25*. Diakses pada 20 Februari 2025, dari <https://www.youtube.com/watch?v=055V5-TS18Y>
- Yuliawan, W. 2019. Pertumbuhan beberapa bentuk potongan pangkal setek tanaman mawar (*Rosa* sp.) akibat cara aplikasi zat pengatur tumbuh root-up. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 7(1):42-47.
- Yusuf, S. A. 2023. Pengaruh Klon batang atas ubi kayu terhadap keberhasilan grafting menggunakan batang bawah singkong karet. Skripsi, Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung.
- Yusnita, Y., Jamaludin, J., Agustiansyah, A., and Hapsoro, D., 2018. A Combination of IBA and NAA Resulted in Better Rooting and Shoot Sprouting than Single Auxin on Malay Apple [*Syzygium malaccense* (L.) Merr. dan Perry] Stem Cuttings. *Agrivita : Journal of Agricultural Science*, 40, pp. 80-90. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v40i0.1210>.
- Xu, C., Shen, Y., He, F., Fu, X., Yu, H., Lu, W., Li, Y., Li, C., Fan, D., Wang, H., dan Luo, K., 2019. Auxin-mediated Aux/IAA-ARF-HB signaling cascade regulates secondary xylem development in *Populus*.. *The New phytologist*, 222 2, pp. 752-767 . <https://doi.org/10.1111/nph.15658>.
- Zhang, Y. dan Wang, L. (2021). Auxin signaling regulates carbon allocation and starch biosynthesis in higher plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, pp. 742–751.
- Zhang, X., Zhang, L., Liu, J., Shen, Z., Liu, Z., Gu, H., Hu, X., Yu, Z., Li, Y., Jin, J., and Wang, G., 2025. Biofertilizers Enhance Soil Fertility and Crop Yields Through Microbial Community Modulation. *Agronomy*.
<https://doi.org/10.3390/agronomy15071572>.
- Zhao, Z., Yang, Y., Xie, H., Zhang, Y., He, H., Zhang, X., and Sun, S., 2024. Enhancing Sustainable Agriculture in China: A Meta-Analysis of the Impact of Straw and Manure on Crop Yield and Soil Fertility. *Agriculture*.
<https://doi.org/10.3390/agriculture14030480>.
- Zuluaga, M., Fattorini, R., Cesco, S., and Pii, Y., 2024. Plant-microbe interactions in the rhizosphere for smarter and more sustainable crop fertilization: the case of PGPR-based biofertilizers. *Frontiers in Microbiology*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1440978>.