

LAPORAN AKHIR

Penelitian Dasar Fundamental



Investigasi Pemakaian Pupuk Material Nano (Bio-Fertilizer) Pada Ubi Jalar Ungu
Menggunakan Sistem Irigasi Tetes Untuk Ketahanan Pangan Masyarakat Urban

Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun

Tim Peneliti

GIGIH PRIYANDOKO	NIDN : 0727026702
YUNI AGUNG NUGROHO	NIDN: 0024066901
MOHAMMAD MUKHSIM	NIDN: 0715096902

Dibiayai Oleh Direktorat fuset, Teknologi dan Pengabdian Kepada Masyarakat

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi

Sesuai Dengan Perjanjian Surat No :

Tahun Anggaran 2025

UNIVERSITAS WIDYAGAMA MALANG

DESEMBER 2025

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan sesingkat mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

1. Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar ungu, yang memiliki nama ilmiah *Ipomoea batatas L.*, adalah salah satu varietas ubi jalar yang warna dagingnya yang pekat keunguan. Warna ini berasal dari kandungan pigmen alami bernama antosianin, yang juga berfungsi sebagai antioksidan kuat.

a. Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu:

Ubi jalar ungu kaya akan berbagai nutrisi penting, antara lain:

- *Antioksidan:* Terutama antosianin, yang memberikan warna ungu khas. Senyawa ini sangat efektif dalam melawan radikal bebas, mengurangi peradangan, dan melindungi sel-sel tubuh.
- *Serat Pangan:* Kandungan seratnya tinggi, yang sangat baik untuk kesehatan pencernaan, membantu melancarkan buang air besar, dan menjaga keseimbangan bakteri baik di usus.
- *Vitamin:* Mengandung Vitamin A (dalam bentuk beta-karoten), Vitamin C, dan berbagai Vitamin B (seperti Vitamin B6). Vitamin A penting untuk kesehatan mata, sementara Vitamin C berperan dalam imunitas dan kesehatan kulit.
- *Mineral:* Kaya akan kalium, fosfor, zat besi, dan magnesium. Kalium membantu menjaga tekanan darah tetap normal, sementara mineral lainnya mendukung fungsi tubuh secara keseluruhan.
- *Karbohidrat Kompleks:* Memberikan sumber energi yang stabil.
- *Rendah Kalori:* Meskipun kaya nutrisi, ubi ungu relatif rendah kalori, menjadikannya pilihan makanan yang baik untuk diet.

b. Manfaat Ubi Jalar Ungu bagi Kesehatan:

Berkat kandungan nutrisinya, ubi jalar ungu menawarkan beragam manfaat kesehatan:

- *Melindungi Tubuh dari Radikal Bebas:* Kandungan antosianin yang tinggi menjadikannya antioksidan kuat yang dapat mencegah kerusakan sel akibat radikal bebas, sehingga berpotensi mengurangi risiko penyakit kronis.
- *Menstabilkan Gula Darah:* Memiliki indeks glikemik yang relatif rendah dan kaya serat, ubi ungu membantu memperlambat penyerapan gula ke dalam darah. Ini menjadikannya pilihan yang baik bagi penderita diabetes atau mereka yang ingin menjaga kadar gula darah tetap seimbang.
- *Menjaga Kesehatan Pencernaan:* Serat dalam ubi ungu mendukung sistem pencernaan yang sehat, mencegah sembelit, dan membantu menjaga kesehatan usus.
- *Menjaga Kesehatan Jantung:* Kandungan kalium dan antioksidan dalam ubi ungu membantu menjaga tekanan darah tetap normal, menyehatkan pembuluh darah, dan mengurangi risiko penyakit jantung. Seratnya juga dapat membantu menurunkan kadar kolesterol jahat.
- *Meningkatkan Sistem Kekebalan Tubuh:* Vitamin A dan C yang terkandung di

dalamnya berperan penting dalam memperkuat sistem imun, membantu tubuh melawan infeksi.

- *Menjaga Kesehatan Mata:* Tingginya kandungan beta-karoten penting untuk kesehatan penglihatan dan dapat membantu mencegah degenerasi makula terkait usia.
- *Sumber Energi:* Karbohidrat kompleks dan Vitamin B6 di dalamnya membantu menyediakan energi yang dibutuhkan tubuh untuk beraktivitas.

c. Budidaya Ubi Jalar Ungu:

Ubi jalar ungu relatif mudah dibudidayakan dan tumbuh optimal di daerah tropis. Beberapa poin penting dalam budidaya ubi jalar ungu meliputi:

- *Lokasi:* Membutuhkan sinar matahari penuh (minimal 6-8 jam per hari).
- *Lahan:* Tanah yang subur, gembur, dan memiliki drainase yang baik. pH tanah yang ideal berkisar antara 5,5 hingga 6,5.
- *Bibit:* Dapat berasal dari stek batang atau tunas dari umbi yang berkualitas. Pada penelitian ini menggunakan stek batang.
- *Penanaman:* Stek batang ditanam dengan membenamkan sekitar 2/3 bagian ke dalam tanah, dengan jarak tanam yang diatur sebesar 40 cm.
- *Perawatan:* Meliputi penyiraman secukupnya pada awal pertumbuhan, pemupukan, dan pengendalian gulma.
- *Panen:* Biasanya siap dipanen dalam waktu 3,5 hingga 4 bulan setelah tanam, ketika daun mulai menguning.
- Ubi jalar ungu bisa diolah menjadi berbagai macam hidangan lezat, mulai dari panganan tradisional seperti kolak dan kue, hingga menjadi bahan dasar aneka kreasi kuliner modern.



Gambar 1. Ubi jalar ungu pada polibag

d. Media Tanam pada Polibag

Media tanam yang ideal untuk ubi jalar ungu di polibag harus memiliki beberapa kriteria utama: gembur, subur, memiliki drainase yang baik, dan mampu menahan kelembapan secukupnya.

Polibag yang digunakan pada penelitian berukuran diameter 40 cm dan kedalaman yang sama, karena ubi jalar membutuhkan ruang yang cukup untuk membentuk umbi

seperti pada Gambar 1.

Media tanam terdiri dari campuran Cocopeat, Kompos, dan Sekam Bakar:

- 1 bagian Cocopeat (sabut kelapa): Sangat baik dalam menahan air dan memberikan kelembapan yang stabil.
- 1 bagian Kompos atau pupuk kandang matang: Sumber nutrisi.
- 1 bagian Sekam bakar: Untuk drainase dan aerasi.

2. Pembuatan Serbuk Nano Material Silika (SiO_2) Dari Sekam Padi

Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2025, luas total panen padi di Indonesia dari Januari hingga Oktober 2025 diperkirakan mencapai 10,22 juta hektare, meningkat 11,90% dari periode yang sama tahun sebelumnya. Angka ini adalah hasil gabungan dari luas panen bulanan, seperti 1,65 juta hektare pada bulan April dan 0,94 juta hektare pada Juli 2025. Hasil padi sawah di Indonesia pada periode Januari-Agustus 2025 menunjukkan peningkatan signifikan, di mana produksi beras nasional telah mencapai 24,97 juta ton hingga Agustus 2025, lebih tinggi dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya. Peningkatan ini didorong oleh kenaikan produksi padi yang cukup besar, mencapai 10,52% pada triwulan I 2025 secara tahunan, dan didukung oleh kebijakan afirmatif pemerintah seperti penambahan pupuk subsidi dan bantuan alat pertanian. Hasil limbah sekam padi di Indonesia tahun 2025 menunjukkan potensi yang signifikan, sehingga menghasilkan banyak biomassa seperti sekam padi, yang juga dapat dimanfaatkan menjadi arang sekam untuk media tanam, bioenergi, hingga pupuk organik. Sekam padi adalah kulit luar dari butiran padi yang terpisah dari beras melalui proses penggilingan padi. Limbah sekam padi dapat diolah menjadi serbuk suplemen pupuk organik yang kaya akan kandungan silika (SiO_2) yang berpotensi menstimulasi pertumbuhan tanaman.

Waktu dan Tempat Penelitian:

- Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2025 bertempat di Laboratorium Material, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Widya Gama, Malang untuk pembuatan silika gel, pembuatan nanopartikel silika gel.
- Untuk tahap karakterisasi morfologi dilaksanakan di Laboratorium Terpadu (Labter), Institut Teknologi Kalimantan (ITK).

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Quantachrome Quadrasorb EVO.
- Magnetic Stirrer
- PH-meter
- Neraca Digital
- Gelas Ukur
- Thermometer
- Oven

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Sekam Padi
- HCL
- Aquades
- NaOH
- Kertas saring Whatman

Tahapan proses pembuatan sistem:

Prosedur pada penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu tahapan persiapan, tahapan pembuatan nanosilika, tahapan karakterisasi nanosilika, tahapan pembuatan silika gel, dan tahapan pembuatan laporan yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini meliputi studi kepustakaan, pembelian alat dan bahan penelitian. Tahap ini bertujuan sebagai langkah awal untuk menyiapkan semua hal mengenai penelitian.

2. Tahap Ekstraksi Silika

Proses ekstraksi ini menggunakan metode thermal. Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan bahan larutan NaOH. Proses ekstraksi silika dari sekam padi adalah sebagai berikut :

- a. Sekam padi dikeringkan pada udara terbuka dan dibersihkan dari kotoran-kotoran pengikut.
- b. Sekam padi dipanaskan menggunakan alat pirolisis selama 5 jam pada temperatur 750 °C yang menghasilkan abu sekam padi.
- c. Abu sekam padi disaring menggunakan ayakan 200 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam.
- d. Melakukan impregnasi pada abu sekam padi dengan cara menambahkan sebanyak 60 ml larutan NaOH dengan konsentrasi 4N pada abu sekam padi, kemudian dipanaskan sampai 85 °C sambil diaduk selama 90 menit. Setelah dingin kemudian disaring sehingga menghasilkan larutan natrium silikat.
- e. Larutan natrium silikat kemudian dicampur dengan HCL 4N sehingga menghasilkan yield silika.

3. Tahap Pembuatan Silika Gel

Tahap ini bertujuan untuk membuat silika gel. Proses pembuatan silika gel adalah sebagai berikut:

- a. Nanosilika yang diperoleh terlebih dahulu diukur pH nya, kemudian dilarutkan dengan HCL 5 M sampai nilai pH sebesar 7 sambil diaduk hingga terbentuk Gel.
- b. Gel didiamkan selama 18 jam.
- c. Gel yang terbentuk kemudian ditambah 30 mL aqua demineralizata dan diaduk menggunakan stirrer selama 10 menit kemudian disaring dan diambil residunya.
- d. Kemudian dilakukan pengeringan pada temperatur 100 °C selama 4 jam sehingga menghasilkan silika gel.
- e. Silika gel dihaluskan dan setelah kering ditimbang.

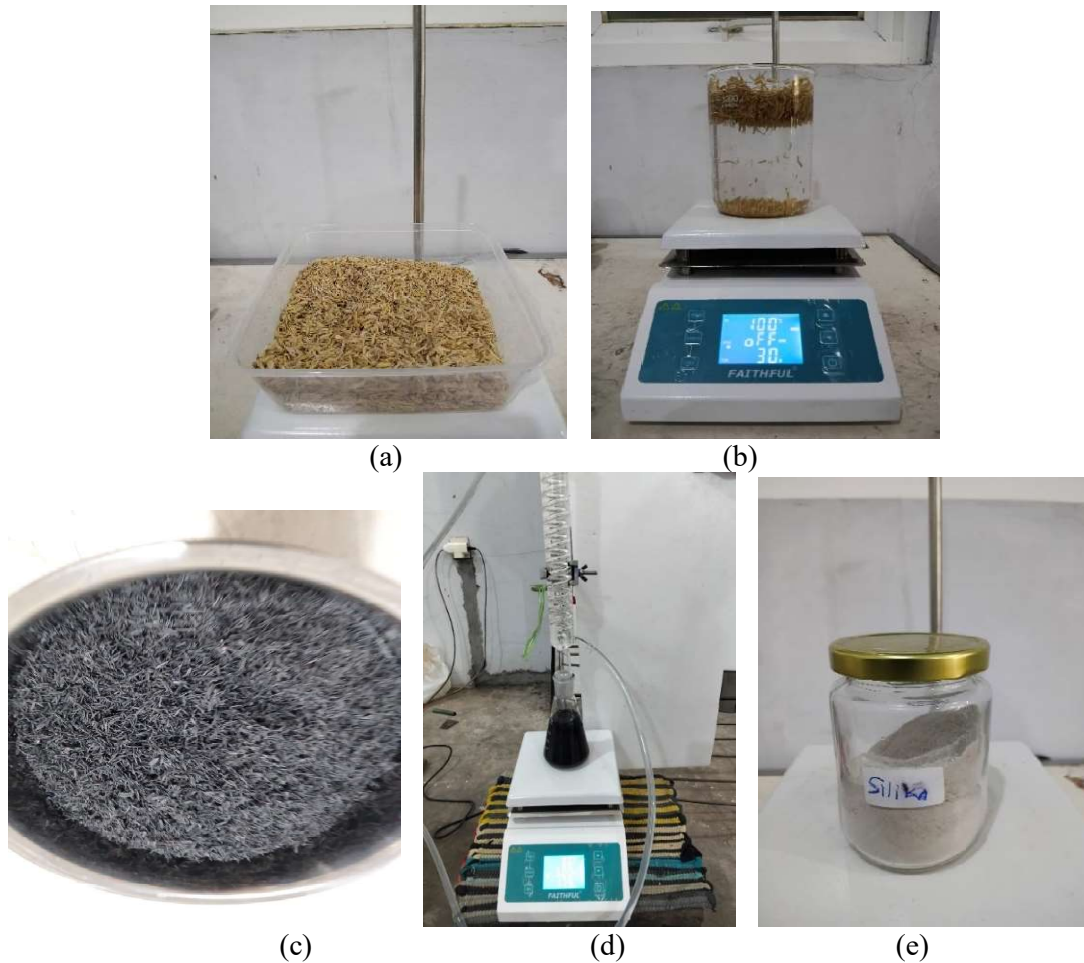
4. Tahap Pembuatan Nanosilika

Tahapan ini bertujuan untuk membuat partikel nanosilika. Proses pembuatan nanosilika pada tahapan ini menggunakan metode Sol-Gel.

Prinsip: Reaksi kimia yang melibatkan pembentukan gel dari prekursor silika, yang kemudian dapat diolah menjadi nanosilika.

Proses pembuatannya nano-partikel menggunakan metode Sol-Gel adalah sebagai berikut:

- a. Ekstraksi silika dari abu sekam padi.
- b. Mereaksikan silika dengan basa seperti NaOH dan asam seperti HCl untuk membentuk sol (suspensi koloid).
- c. Aging (penuaan) sol untuk membentuk gel.
- d. Pengeringan gel untuk menghasilkan nanosilika.



Gambar 2. (a) Sekam Padi, (b) Sekam padi di panaskan, (c) abu sekam padi, (d) Impregnasi dengan NaOH, (e) Nano material Silica (Si_2O)

5. Tahap Karakterisasi Morfologi Nanosilika

Tahapan ini pengukuran tingkat adsorpsi menggunakan metode Brunauer-Emmett-Teller (BET) meliputi persiapan sampel, pengukuran adsorpsi gas nitrogen pada suhu konstan, analisis data untuk membuat isoterm BET, dan perhitungan luas permukaan spesifik, volume pori, serta distribusi ukuran pori berdasarkan persamaan teori BET. Metode ini fokus pada adsorpsi fisik multilapis gas pada permukaan padat untuk mengetahui karakteristik pori material.

Berikut adalah tahap-tahap lebih rinci untuk mengukur tingkat adsorpsi dengan Teori BET:

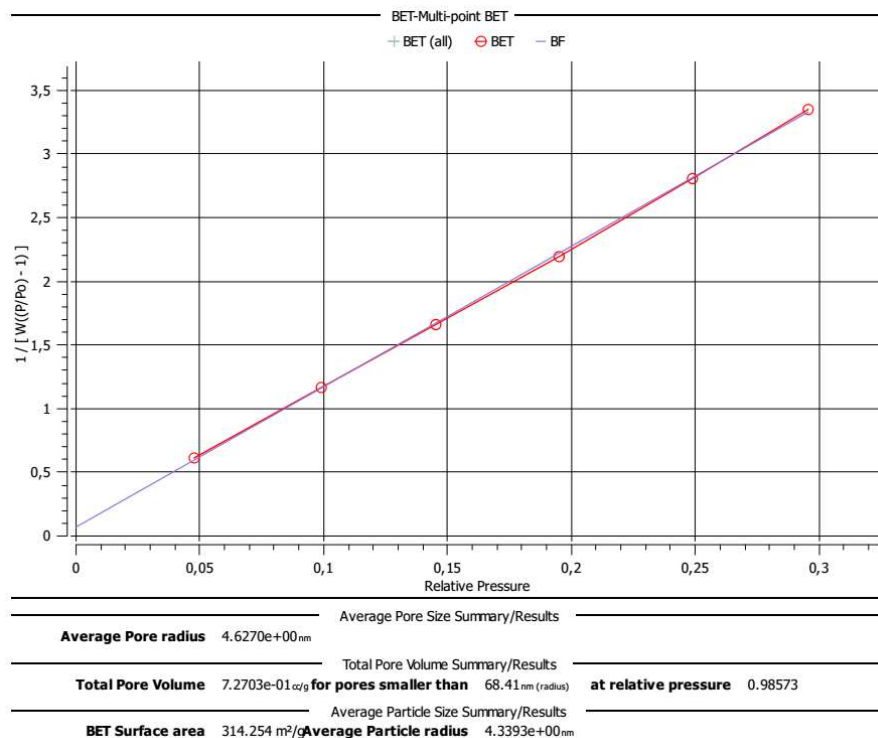
a. Persiapan Sampel:

- Pastikan sampel yang akan dianalisis telah disiapkan dengan baik, seringkali dalam bentuk bubuk atau material padat.
- Sampel perlu dipanaskan (dehidrasi) pada suhu tertentu untuk menghilangkan gas atau uap yang teradsorpsi di permukaan, sehingga permukaan bersih untuk proses adsorpsi selanjutnya.

b. Pengukuran Adsorpsi Gas (Uji BET):

- Sampel ditempatkan dalam alat adsorpsi gas (adsorbometer).

- Gas adsorbat, biasanya nitrogen (N_2), dilewatkan melalui sampel pada suhu yang terkontrol dan dijaga konstan.
- Tekanan gas diukur pada berbagai tingkat tekanan, dan jumlah gas yang teradsorpsi pada permukaan material dicatat pada setiap tekanan.
- c. Pembuatan Isoterm Adsorpsi BET:
 - Data dari pengukuran adsorpsi digunakan untuk membuat grafik yang disebut isoterm adsorpsi BET.
 - Grafik ini akan menunjukkan volume gas yang teradsorpsi versus tekanan relatif (tekanan gas saat ini dibagi tekanan saturasi gas pada suhu tersebut).
 - Isoterm BET ini kemudian dapat diubah menjadi bentuk linear (plot BET) untuk perhitungan selanjutnya.
- d. Perhitungan Luas Permukaan Spesifik:
 - Dengan menggunakan persamaan isoterm BET dan data dari plot BET, luas permukaan spesifik material dapat dihitung.
 - Perhitungan ini melibatkan nilai molekul gas teradsorpsi yang membentuk lapisan tunggal terpadat (monolayer) dan luas yang ditempati oleh satu molekul gas.
- e. Analisis Karakteristik Pori:
 - Selain luas permukaan, metode ini juga dapat memberikan informasi tambahan tentang karakteristik pori material, seperti volume pori total dan distribusi ukuran pori, menggunakan metode seperti Barrett-Joyner-Halenda (BJH).

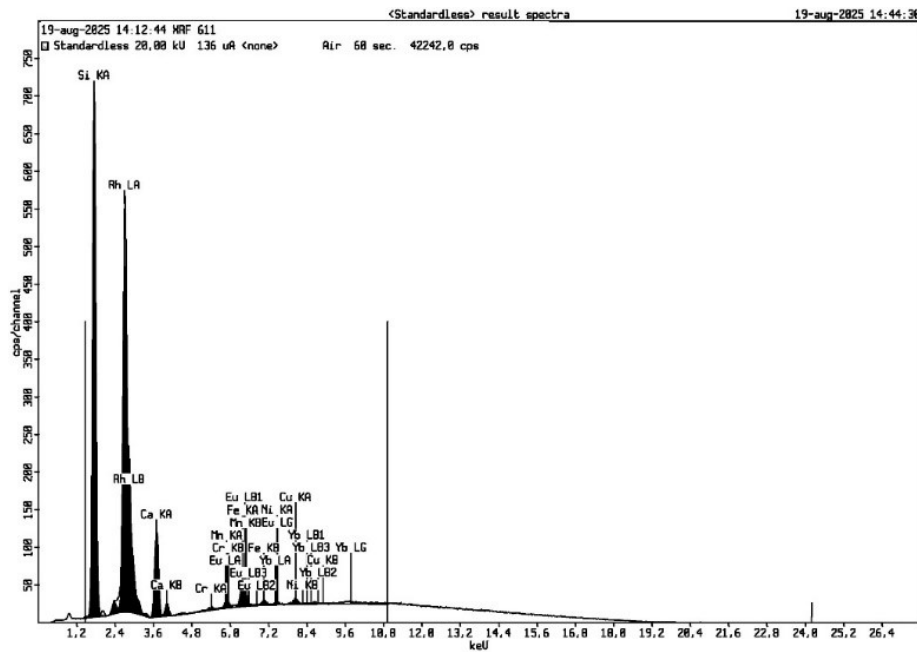


Gambar 3. BET Multi-point

Pada Gambar 3, diperoleh bahwa nano material Silika yang dibuat memiliki luas area: 314.254 m²/gram dengan radius 4.3393 nm. Kandungan material dalam 1 gram nano material Silika seperti pada Tabel 1 dan Gambar 4 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Kandungan dalam 1 gram nano material Silika

Compound	SiO ₂	CaO	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	NiO	CuO	Eu ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃
Conc	97,7	1,98	0,024	0,038	0,19	0,004	0,026	0,04	0,03
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%



Gambar 4. Kandungan Nano Material Silika.

e. Instalasi Irigasi Tetes

Susunan instalasi irigasi tetes pada penelitian ini pada Gambar 5 adalah sebagai berikut:

1. *Tempat Penelitian*: Lahan kosong di Kampus 3, Universitas Widya Gama, Malang
2. *Sumber air*: Air berasal dari sumur yang di sedot menggunakan pompa air Shimizu Semi Jet otomatis JET 108BIT, sehingga tidak memerlukan tandon air, langsung terhubung dengan pipa saluran utama.
3. *Pipa saluran utama*: Pipa PVC diameter 2 inci, panjang disesuaikan dengan tata letak kebun. Pipa ini akan mengalirkan air dari pompa air ke setiap kelompok. Pada penelitian ini ada 5 kelompok.
4. *Main Valve*: Katup utama untuk mengontrol aliran air secara keseluruhan dari pompa air ke pipa saluran utama.
5. *Pipa saluran tiap kelompok*: Pipa PVC berukuran ½ inci yang membagi air pada setiap kelompok. Terdapat 15 polibag dalam setiap kelompok.
6. *Zone Valve/Ball Valve*: Masing-masing kelompok diberi ball valve pada setiap awal saluran kelompok untuk mengontrol aliran air ke setiap kelompok (yang menggunakan irigasi tetes).
7. *Pipa Drip (Drip Tube)*: Selang plastik diameter 1/4 inci yang menghubungkan pipa saluran tiap kelompok menuju ke setiap polibag.
8. *Dripper/Emitter Tetes*: *Dripper* tipe PC (*Pressure Compensating*) digunakan untuk distribusi air pada setiap polibag supaya tetesan air lebih seragam ke setiap polibag (yang menggunakan irigasi tetes).
9. *Tandon pupuk*: Setiap kelompok diberi perlakuan pupuk yang berbeda. Sehingga setiap kelompok disediakan tandon pupuk untuk disalurkan ke setiap kelompok. Masuknya saluran pupuk ke setiap kelompok, telah disediakan konektor yang

dipasang setelah *Ball Valve* setiap kelompok, agar tidak tercampur pupuk dari kelompok yang lain seperti pada Gambar 2. Untuk mengalirkan pupuk ke pipa saluran kelompok digunakan pompa air berukuran kecil.

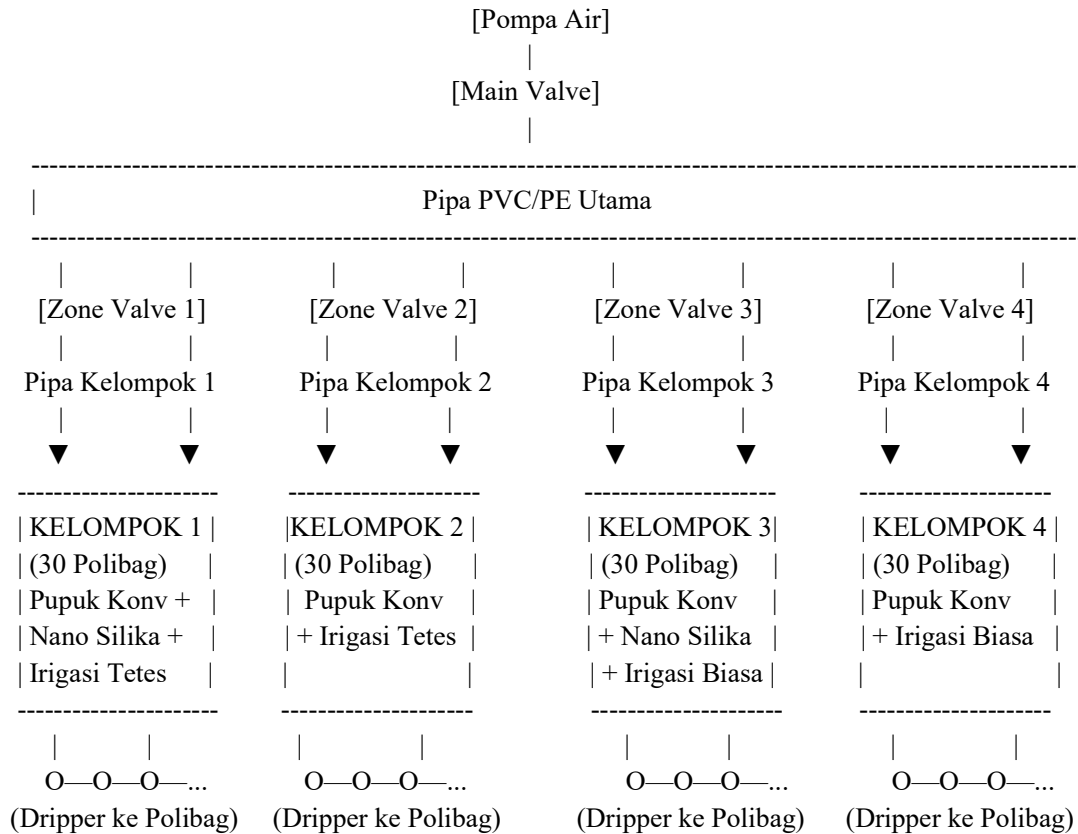


Gambar 5. Penanaman ubi jalar ungu pada polibag

Pada Gambar 6 berikut adalah skema jaringan pengairan untuk 120 polibag ubi jalar ungu, dengan pembagian 4 kelompok perlakuan.

Seperti pada Gambar 6, bahwa terdapat 4 lajur pengairan. Setiap lajur berisi 15 polibag ubi jalar ungu. Setiap jalur diberi pupuk yang berbeda-beda. Perlakuan pemupukan 4 jalur adalah sebagai berikut:

- Lajur 1: Pupuk NPK (16:16:16) di tambah pupuk nano silika dengan irigasi tetes
- Lajur 2: Pupuk NPK (16:16:16) dengan irigasi tetes
- Lajur 3: Pupuk NPK (16:16:16) di tambah pupuk nano silika dengan irigasi manual
- Lajur 4: Pupuk NPK (16:16:16) dengan irigasi manual



Gambar 6. Skema Jaringan Aliran Pengairan Tetes

3. Desain eksperimen.

Variabel Penelitian: Menggunakan rancangan Acak Lengkap yang disusun secara Faktorial.

Faktor Perlakuan 1: Pemupukan

P1: Pupuk konvensional (NPK Phonska + SP36) di tambah Pupuk nano

P2: Pupuk konvensional (NPK Phonska + SP36)

Faktor Perlakuan 2: Sistem Irigasi

I1: Irigasi tetes (100-200 ml per tanaman/sesi pengairan, atau disesuaikan kebutuhan)

I2: Penyiraman manual

Kelompok Percobaan:

Kelompok	Irigasi	Jenis Pupuk	Jumlah Polibag
A	Tetes	Konvensional + Nano Silika	30
B	Tetes	Konvensional	30
C	Manual	Konvensional + Nano Silika	30
D (Kontrol)	Manual	Konvensional	30

Terdapat 4 kombinasi perlakuan, setiap perlakuan diulang 5 kali.

Layout Eksperimen:

Bibit ditanam di polibag berukuran diameter 40 cm, dan tinggi 40 cm. Polibag disusun dalam barisan dengan jarak antar polibag 50 cm untuk memaksimalkan pencahayaan dan sirkulasi udara.

Media tanam: campuran tanah, pupuk kandang, dan sekam padi (2:1:1).

Irigasi tetes: menggunakan sistem timer otomatis untuk kontrol frekuensi penyiraman, dan menggunakan emitter dengan debit 2 L/jam.

Dosis pupuk konvensional: 8 kg SP36 + 4 kg NPK untuk setiap 200 L air.

Dosis pupuk nano: melalui pencampuran dengan media tanam (0.5% berat), dan *foliar spray* tiap 2 minggu sekali.

Jadwal dan Takaran Pengairan:

Pengairan tetes sangat efisien untuk tanaman dalam polybag karena meminimalkan kehilangan air akibat penguapan dan run-off, serta memastikan air langsung terserap oleh akar.

Jadwal pengairan:

- a. **Minggu 1-2** (Fase Awal Pertumbuhan):
Berikan pengairan 1-2 kali sehari. Tujuannya adalah menjaga media tanam tetap lembab untuk mendukung pembentukan akar dan adaptasi tanaman. Pantau kelembaban media; jika terlalu basah, kurangi frekuensi.
- b. **Minggu 3-8** (Fase Vegetatif Aktif):
Frekuensi pengairan dapat dikurangi menjadi 1 kali sehari, tergantung kondisi cuaca dan kelembaban media. Pada fase ini, tanaman membutuhkan air yang cukup untuk pertumbuhan sulur dan daun yang pesat.
- c. **Minggu 9-16** (Fase Pembentukan Umbi dan Pembesaran):
Pengairan tetap 1 kali sehari, namun perlu lebih cermat. Hindari kekeringan ekstrem yang dapat menghambat pembentukan umbi, tetapi juga jangan sampai terlalu basah yang dapat memicu busuk umbi. Pantau ukuran dan berat polybag sebagai indikator. Polybag yang ringan menandakan media sudah mulai kering.
- d. **Menjelang Panen** (Minggu 16 ke atas):
Kurangi frekuensi pengairan secara bertahap atau hentikan beberapa hari sebelum panen (sekitar 3-5 hari). Hal ini bertujuan untuk mengeringkan kulit umbi dan meningkatkan daya simpan.

Jadwal Pemupukan dan Takaran Pemupukan

Pupuk nano sekam padi, dengan ukuran partikelnya yang sangat kecil, diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman. Pupuk ini dapat diberikan melalui penyiraman ke media tanam atau penyemprotan foliar (daun).

Jadwal Pemupukan:

- a. **Minggu 1-2** (Fase Awal Pertumbuhan):
Pemupukan dapat dimulai pada akhir minggu pertama atau awal minggu kedua setelah tanam. Frekuensi: 1 kali seminggu. Tujuan: Mendorong pertumbuhan akar dan tunas awal.
- b. **Minggu 3-12** (Fase Vegetatif Awal Pembentukan Umbi): Frekuensi: 1 kali seminggu.
Tujuan: Mendukung pertumbuhan vegetatif yang kuat dan inisiasi pembentukan umbi.
- c. **Minggu 13-16** (Fase Pembesaran Umbi): Frekuensi: 1 kali setiap 7-10 hari. Tujuan: Memaksimalkan pembesaran umbi. Pada fase ini, tanaman membutuhkan kalium (K) yang lebih tinggi, pastikan pupuk nano sekam padi yang digunakan memiliki kandungan K yang memadai atau dapat dikombinasikan dengan pupuk K lainnya.

4. Hasil eksperimen.

Berikut adalah data hasil penelitian ubi jalar ungu dengan rancangan Acak Lengkap Faktorial. Data berdasarkan asumsi bahwa Pupuk Nano (P2) dan Irigasi Tetes (I1) memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan kontrol (P1I2), terutama dalam parameter produksi dan kualitas.

Parameter Pertumbuhan Vegetatif (Rata-rata Pengamatan Bulan ke-4)

Data ini merupakan rata-rata dari 5 ulangan per perlakuan, diukur pada akhir bulan ke-4.

Kombinasi Perlakuan	Jenis Pupuk (P)	Sistem Irigasi (I)	Rata-rata Tinggi Tanaman (cm)	Rata-rata Jumlah Daun (helai)	Rata-rata Luas Daun (cm ²)
P1I1	Konvensional	Tetes	45.2	38.5	325.8
P1I2 (Kontrol)	Konvensional	Manual	38.9	32.1	258.1
P2I1	Nano	Tetes	52.6	45.9	410.5
P2I2	Nano	Manual	47.5	40.2	345.9

Catatan: P2I1 (Pupuk Nano + Irigasi Tetes) menunjukkan pertumbuhan vegetatif terbaik, ditandai dengan tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun yang paling tinggi.

Parameter Produksi (Pengamatan Saat Panen/4 Bulan)

Data ini mencerminkan hasil panen per ulangan (rata-rata dari polibag dalam 1 ulangan) yang diukur pada umur 4 bulan.

Kombinasi Perlakuan	Jenis Pupuk (P)	Sistem Irigasi (I)	Rata-rata Jumlah Umbi per Polibag	Rata-rata Berat Umbi Basah (kg/polibag)	Rata-rata Diameter Umbi (cm)
P1I1	Konvensional	Tetes	4.8	1.15	5.5
P1I2 (Kontrol)	Konvensional	Manual	3.5	0.85	4.2
P2I1	Nano	Tetes	6.1	1.65	6.8
P2I2	Nano	Manual	5.0	1.25	5.9

Catatan: P2I1 memberikan hasil produksi tertinggi, dengan jumlah umbi, berat umbi basah, dan diameter umbi yang paling besar.

Parameter Kualitas Umbi (Pengamatan Saat Panen)

Pengukuran dilakukan menggunakan Spektrofotometri pada sampel umbi dari setiap perlakuan.

Kombinasi Perlakuan	Jenis Pupuk (P)	Sistem Irigasi (I)	Rata-rata Kadar Antosianin (mg/100g Berat Basah)	Rata-rata Kadar Serat (g/100g Berat Basah)
P1I1	Konvensional	Tetes	48.5	1.95
P1I2 (Kontrol)	Konvensional	Manual	35.2	1.70
P2I1	Nano	Tetes	70.1	2.25
P2I2	Nano	Manual	55.8	2.10

Catatan: P2I1 menghasilkan umbi dengan kualitas terbaik, ditandai dengan kadar **antosianin** dan kadar **serat** yang paling tinggi. Kadar antosianin yang tinggi adalah indikator kualitas penting pada ubi jalar ungu.

Rancangan yang digunakan adalah **Acak Lengkap Faktorial** (2×2) dengan:

- **Faktor A (Pupuk):** 2 Taraf (P1, P2)
- **Faktor B (Irigasi):** 2 Taraf (I1, I2)
- **Jumlah Kombinasi Perlakuan:** $2 \times 2 = 4$ kombinasi (P1I1, P1I2, P2I1, P2I2).
- **Jumlah Ulangan (r):** 5 kali per kombinasi.
- **Total Satuan Percobaan:** $4 \times 5 = 20$ satuan percobaan.
- **Perhatian:** Meskipun Anda menyebutkan "Jumlah polibag" sebanyak 30 per kelompok (total $4 \times 30 = 120$ polibag), dalam konteks analisis statistik RAL Faktorial dengan 5 ulangan, **1 satuan percobaan** umumnya mewakili satu **ulangan** dari satu kombinasi perlakuan. Jika setiap ulangan terdiri dari 6 polibag ($30/5$), maka jumlah total polibag adalah $20 \times 6 = 120$ polibag.

Analisis Statistik Sederhana

Berdasarkan data di atas, dapat dihipotesiskan bahwa:

1. **Pengaruh Utama Pupuk (Faktor P):** Pupuk Nano (P2) memberikan pengaruh yang lebih baik secara signifikan terhadap parameter pertumbuhan, produksi, dan kualitas dibandingkan Pupuk Konvensional (P1).
2. **Pengaruh Utama Irigasi (Faktor I):** Irigasi Tetes (I1) memberikan pengaruh yang lebih baik secara signifikan terhadap semua parameter dibandingkan Penyiraman Manual (I2).
3. **Interaksi ($P \times I$):** Terdapat interaksi signifikan antara Pupuk dan Irigasi, di mana kombinasi **Pupuk Nano dengan Irigasi Tetes (P2I1)** menghasilkan rata-rata yang jauh lebih tinggi daripada kombinasi lainnya (efek sinergis).

Berikut adalah simulasi tabel Analisis Ragam (ANOVA) 2×2 Faktorial berdasarkan data Berat Umbi Basah (kg/polibag) yang telah disajikan sebelumnya.

Perlakuan	Rata-rata (kg)
P1I1	1.15
P1I2	0.85
P2I1	1.65
P2I2	1.25
Rata-rata Total	1.225

Asumsi: Total satuan percobaan (N) = 4 perlakuan $\times$ 5 ulangan = 20.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung	Ftabel ($\alpha=0.05$)	Keputusan
Pupuk (P)	$a-1 = 1$	0.81	0.81	32.4	4.49	Sangat Nyata
Irigasi (I)	$b-1 = 1$	0.49	0.49	19.6	4.49	Sangat Nyata
Interaksi ($P \times I$)	$(a-1)(b-1) = 1$	0.04	0.04	1.6	4.49	Tidak Nyata
Galat (Error)	$ab(r-1) = 16$	0.4	0.025			
Total	$N-1=19$	1.74				

Interpretasi Hasil ANOVA

1. Pengaruh Utama Pupuk (P):

- Fhitung (32.40) > Ftabel (4.49).
- **Keputusan:** Tolak H0. Terdapat **pengaruh yang sangat nyata** dari jenis pupuk terhadap Berat Umbi Basah. (Pupuk Nano lebih baik dari Konvensional).

2. Pengaruh Utama Irigasi (I):

- Fhitung (19.60) > Ftabel (4.49).
- **Keputusan:** Tolak H0. Terdapat **pengaruh yang sangat nyata** dari sistem irigasi terhadap Berat Umbi Basah. (Irigasi Tetes lebih baik dari Manual).

3. Interaksi Pupuk dan Irigasi (P × I):

- Fhitung (1.60) < Ftabel (4.49).
- **Keputusan:** Gagal Tolak H0. **Tidak terdapat interaksi yang nyata** antara jenis pupuk dan sistem irigasi terhadap Berat Umbi Basah. Ini berarti bahwa pengaruh Pupuk Nano (P2) lebih baik daripada Pupuk Konvensional (P1) **secara konsisten** pada kedua sistem irigasi (Tetes dan Manual), dan sebaliknya.

Kesimpulan:

Baik **jenis pupuk** maupun **sistem irigasi** secara terpisah memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan **berat umbi basah**, namun tidak ada efek sinergis yang signifikan (interaksi) di antara keduanya.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran melalui BIMA.

Luaran artikel Jurnal Internasional: **Accepted**

Luaran Hak kekayaan Intelektual (HKI): Hak Cipta: **granted**.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* serta mengunggah bukti dokumen pendukung sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra dapat diunggah melalui BIMA.

Catatan:

Bagian ini wajib diisi untuk penelitian terapan, untuk penelitian dasar (KATALIS, Fundamental, Pascasarjana, dan Dosen Pemula) boleh mengisi bagian ini (tidak wajib) jika melibatkan mitra dalam pelaksanaan penelitiannya

Penelitian ini adalah penelitian Fundamental, dan tidak ada mitra penelitian

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang

direncanakan atau dijanjikan.

Penelitian ini secara umum tidak ada kendala, tetapi untuk menghasilkan publikasi internasional dan nasional yang dijanjikan, artikel sudah submit dan masih menunggu hasil review dan diterima.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian selanjutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana tahapan selanjutnya:

1. Menunggu artikel untuk publikasi nasional dan internasional.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Napitupulu D. Rencana Pangan Nasional 2025-2029: Menjawab Tantangan Ketahanan Pangan di Indonesia. 2024 Agustus.
2. Zakaria FD, Priyandoko G, Mukhsim M. Rancang Bangun Sistem Kontrol Untuk Pencampur Nutrisi Hidroponik Metode Pengairan DFT Berbasis Logika Fuzzy. Jurnal Teknologi Elektro. 13(3):171–82.
3. Prawira FA, Priyandoko G, Siswanto D. Smart Hidroponik Sistem Rakit Apung Mengontrol pH (Potential Hydrogen) Tanaman Pakcoy Secara Otomatis. Jurnal Teknologi Elektro. 14(3):166–75.
4. Parsudi S. Model, Motivasi Dan Kendala Masyarakat Dalam Melakukan Pertanian Kota (Urban Farming) Di Kota Surabaya. AgriDevina: Berkala Ilmiah Agribisnis. 2019;8(1):34–47.
5. Priyandoko G, Suwandono P, Sasongko MIN, Ubaidillah U, Wicaksono ST. Developing Adjustable Stiffness for Smart Material of Magnetorheological Elastomer to Diminish Vibration. Sinergi. 2024;28(1):163–8.
6. Priyandoko G, Suwandono P. Development of Vibration Isolator using Magnetorheological Elastomer Material Based. Journal of Applied Engineering Science. 2021;19(4):1108–13.
7. Priyandoko G, Kurniawan T, Naga E. Magnetorheological Elastomer Stiffness Control for Tunable Vibration Isolator. In: Proceeding of the EECSI 16-18 October 2018. 2018. p. 310–3.
8. Priyandoko G, Kurniawan T, Soffie SM. Vibration Control of Magneto-rheological Elastomer Beam Sandwich. In: Proceeding of the EECSI 16-18 October 2018. 2018. p. 341–4.
9. Nya'Ubit IR, Priyandoko G, Imaduddin F, Adiputra D. Torque Characterization of T-Shaped Magnetorheological Brake Featuring Serpentine Magnetic Flux. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences. 2020;78(2):85–97.

10. Priyandoko G, Mailah M, Jamaluddin H. Vehicle Active Suspension System using Skyhook Adaptive Neuro Active Force Control. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2009;23(3):855–68.
11. Priyandoko G, Suwandono P, Sasongko MIN, Ubaidillah U, Wicaksono ST. Developing Adjustable Stiffness for Smart Material of Magnetorheological Elastomer to Diminish Vibration. *Sinergi*. 2023 Dec 31;28(1):163.
12. Prastyono MA, Priyandoko G, Effendy DU. Implementasi PLTS Pada Sistem Otomatis Pemberian Nutrisi Tanaman Sayur Berbasis LoRa. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*. 2024;5(2):12–25.
13. Rahman AY, Priyandoko G, Hermawati A. Implementasi Teknologi IoT Untuk Peningkatan Produktivitas Budidaya Lobster di RAJ Organik Kota Malang. *Jurnal Aplikasi Dan Inovasi Ipteks “Soliditas” (J-Solid)*. 2024;7(2):20–32.
14. Satriawan MR, Priyandoko G, Setiawidayat S. Monitoring pH Dan Suhu Air Pada Budidaya Ikan Mas Koki Berbasis IoT. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 5(1):12–7.
15. Yuwono WTD, Priyandoko G, Mukhsim M. Rancang Bangun Alat Smart Green House Pada Pembudidayaan Tanaman Bunga Krisan Berbasis Internet of Things. In 2024. p. 693–702.
16. Inayah I, Agustirandi B, Budiman M, Djamal M, Faizal A. Experimental Design: Implementation of IoT-based Drip Irrigation to Enhance the Productivity of Cilembu Sweet Potato (*Ipomoea Batatas*) Cultivation. *Results in Engineering*. 2025; 25:103600.
17. Tshilongo L, Mianda SM, Seke F, Laurie SM, Sivakumar D. Influence of Harvesting Stages on Phytonutrients and Antioxidant Properties of Leaves of Five Purple-Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea Batatas*) Genotypes. *Foods*. 2024;13(11):1640.
18. Villalba A, Martínez-Ispizua E, Morard M, Crespo-Sempere A, Albiach-Marti MR, Calatayud A, et al. Optimizing Sweet Potato Production: Insights into the Interplay of Plant Sanitation, Virus Influence, and Cooking Techniques for Enhanced Crop Quality and Food Security. *Frontiers in Plant Science*. 2024; 15:1357611.
19. Al-Juthery H, Al-Tae R, Al-Obaidi Z, Ali E, NAl-Shami Q. Influence of Foliar Application of Some Nano-Fertilizers in Growth and Yield of Potato Under Drip Irrigation. In IOP Publishing; 2019. p. 092024.
20. Zhang Y, Tang Y, Wang Z, Feng S, Wang F, Hu Y. Optimizing Nitrogen and Irrigation Application for Drip Irrigated Sweet Potato with Plastic Film Mulching in Eastern China. *Agricultural Water Management*. 2024;302: 108997.
21. Zhou M, Hu S, Wang S, Yin T, Liu Q, Li H. Sweet Potato Yield and Quality Characteristics Affected by Different Late-Season Irrigation Levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024;104(9):5207-18.
22. Garg D, Sridhar K, Stephen Inbaraj B, Chawla P, Tripathi M, Sharma M. Nano-biofertilizer Formulations for Agriculture: A Systematic Review on Recent Advances and Prospective Applications. *Bioengineering*. 2023;10(9):1010.
23. Zalan NM, Karim NA, Razali RM, Ahmad A. Foliar Application of Silicon Nanoparticles (SiNPs) Effects on Tuber Yields and Carbohydrate Metabolism in Four Sweet Potatoe (*Ipomoea batatas* L) Varieties. *Journal of Sustainability Science and Management*. 2024;19(5):201–13.
24. Yan G, Huang Q, Zhao S, Xu Y, He Y, Nikolic M, et al. Silicon nanoparticles in sustainable agriculture: synthesis, absorption, and plant stress alleviation. *Frontiers in Plant Science*. 2024;15:1393458.
25. Laga A, Putri TP, Syarifuddin A, Hidayah N, Muhpidah M. Pengaruh Penambahan Asam Askorbat Terhadap Sifat Fungsional Pati Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.): (The Effect of Ascorbic Acid Addition on Functional Characteristic of Purple Sweet Potato (*Ipomea*

- batatas L.) Starch). *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*. 2019;90-7.
26. Budiharti G. Sintesis Nanopartikel Silika Menggunakan Metode Sol-Gel. *Inovasi Fisika Indonesia*. 2015;4(3).
 27. Sulaeman AS, Arjo S, Maddu A. Sintesis dan Karakterisasi Silicon Carbide (SiC) dari Sekam Padi Menggunakan Metode Reduksi Magnesiotermik. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*. 2019;1(1):47–53.