



Research Articles

Pengaruh Konsentrasi Pupuk hayati dan Dosis Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans*)

Effect of Biofertilizer Concentration and NPK Fertilizer Dosage on The Growth and Yield of Land Kale Plants (Ipomea Reptans.)

Rina Husnawati, Aluh Nikmatullah*, Novita Hidayatun Nufus, Herman Suheri

Prodi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, INDONESIA

*corresponding author, email : aluhnigmatullah@unram.ac.id

Manuscript received: 20-01-2025. Accepted: 25-09-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh konsentrasi pupuk hayati dan dosis pupuk NPK serta intraksinya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kangkung darat. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Februari 2024 bertempat di Desa Pongenjek, Kecamatan Jonggat, Kabupaten Lombok Tengah. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial yang terdiri dari 2 faktor perlakuan yaitu konsentrasi pupuk hayati yang terdiri dari 3 taraf yaitu K0 (kontrol), K1 (5 ml/L) dan K2 (10 ml/L). Sedangkan faktor kedua adalah dosis pupuk NPK terdiri dari 4 taraf yaitu D1 (1 g/tanaman = kontrol) D2 (1,5 g/tanaman), D3 (2 g/tanaman), dan D4 (2,5 g/tanaman) sehingga diperoleh 12 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan sehingga terdapat 36 unit percobaan. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (analysis of variance) dengan taraf 5%, perlakuan yang berbeda nyata diuji lanjut menggunakan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi nyata antara konsentrasi pupuk hayati dan dosis pupuk NPK dalam mempengaruhi jumlah daun tanaman pada umur 28, 35 hst dan berat segar tanaman tanaman umur 35 hst. Konsentrasi pupuk hayati sebagai faktor tunggal berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 28 dan 35 hst, laju pertambahan tinggi, jumlah daun umur 28 dan 35 hst, diameter batang umur 28 dan 35 hst, berat segar dan berat kering tanaman. Sedangkan dosis pupuk NPK sebagai faktor tunggal berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman 28 dan 35 hst, jumlah daun umur 28 dan 35 hst, diameter batang umur 28 dan 35 hst, berat segar dan berat kering. Pada penelitian ini, kombinasi perlakuan terbaik adalah konsentrasi pupuk hayati 5 ml/L dan dosis pupuk NPK 1 g/tanaman dan konsentrasi pupuk hayati 10 ml/L dan dosis pupuk NPK 1 g/tanaman. sedangkan perlakuan konsentrasi pupuk hayati terbaik adalah 5ml/L dan 10 ml/L dan perlakuan dosis pupuk NPK 1 g/tanaman terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kangkung darat.

Kata kunci : pupuk; hayati; NPK; kangkung; organik

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the concentration of biofertilizer and the dose of NPK fertilizer and their interaction on the growth and yield of land kale plants. This research was conducted from January to February

2024 at Pengerjek Village, Jonggat District, Central Lombok Regency. The design used in this research is Factorial Randomized Group Design (RAK) consisting of 2 treatment factors, namely the concentration of biological fertilizer consisting of 3 levels, namely K0 (control), K1 (5 ml/L) and K2 (10 ml/L). While the second factor is the dose of NPK fertilizer consisting of 4 levels, namely D1 (1 g/plant = control) D2 (1.5 g/plant), D3 (2 g/plant), and D4 (2.5 g/plant) so that 12 treatment combinations are obtained. Each treatment consisted of 3 replicates so there were 36 experimental units. Observation data were analyzed using analysis of variance (analysis of variance) at the 5% level, treatments that were significantly different were further tested using the Honest Differences (BNJ) test at the 5% real level. The results showed that there was a real interaction between the concentration of biofertilizer and the dose of NPK fertilizer in affecting the number of plant leaves at the age of 28, 35 hst and the fresh weight of plant plants at 35 hst. Biofertilizer concentration as a single factor significantly influenced plant height at 28 and 35 hst, height increase rate, number of leaves at 28 and 35 hst, stem diameter at 28 and 35 hst, fresh weight and dry weight of plants. While the dose of NPK fertilizer as a single factor had a significant effect on plant height at 28 and 35 hst, number of leaves at 28 and 35 hst, stem diameter at 28 and 35 hst, fresh weight and dry weight. In this study, the best treatment combinations were 5 ml/L biofertilizer concentration and 1 g/plant NPK fertilizer dose and 10 ml/L biofertilizer concentration and 1 g/plant NPK fertilizer dose. while the best biofertilizer concentration treatments were 5ml/L and 10 ml/L and the best NPK 1 g/plant fertilizer dose treatment on the growth and yield of land kaleplants.

Keywords: biofertilizer; NPK; kale; organic

PENDAHULUAN

Kangkung darat adalah salah satu sayuran yang digemari oleh masyarakat Indonesia. Selain karena rasa yang enak, tanaman kangkung darat kaya akan mineral dan vitamin seperti vitamin A, vitamin B1, vitamin B2 dan vitamin C serta berbagai mineral termasuk zat besi, mangan, tembaga dan seng (Faturrahman, 2021). Selain sebagai sumber gizi, kangkung darat juga bermanfaat untuk pengobatan dan kosmetik. Kangkung darat memiliki khasiat sebagai anti racun, anti radang, obat penenang, mengatasi ketombe dan wasir berdarah (Yuliana, 2013).

Budidaya kangkung darat disukai oleh petani karena teknik budidaya yang mudah dan umur panen singkat (Setyawan *et al.*, 2022). Meskipun demikian, ketersediaan kangkung darat belum memenuhi permintaannya. Produksi kangkung darat di Indonesia pada tahun 2022 adalah sebesar 33.476 ton menurun sebesar 2,8% dari produksi tahun sebelumnya sebesar 34.196 ton (BPS, 2022). Disisi lain kebutuhan kangkung di Indonesia cenderung meningkat, ditunjukkan dengan peningkatan konsumsi kangkung. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2022), konsumsi sayuran kangkung di Indonesia pada tahun 2022 adalah sebesar 4,176 kg/kapita sedangkan pada tahun 2021 sebesar 3,999 kg/kapita, meningkat sebesar 4,44%. Peningkatan jumlah penduduk juga diduga akan menyebabkan meningkatnya permintaan terhadap kangkung darat di masa yang akan datang. Oleh karena itu, perlu upaya untuk memenuhi kebutuhan sayuran kangkung di Indonesia.

Tanaman kangkung darat dapat dibudidayakan di lahan pekarangan dengan menggunakan polibag sebagai wadah (Azra *et al.*, 2014). Selain dapat memanfaatkan lahan pekarangan, budidaya di lahan pekarangan juga dapat meningkatkan ketersediaan kangkung bagi rumah tangga. Selain itu, menurut Solihin *et al.* (2018) pemanfaatan pekarangan secara maksimal akan berdampak positif terhadap ketahanan pangan dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Pemeliharaan tanaman kangkung darat merupakan hal yang sangat penting dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Salah satu komponen dalam pemeliharaan tanaman kangkung darat adalah pemupukan. Umumnya kangkung darat dipupuk dengan menggunakan pupuk NPK dengan dosis 5 kg/are (Suhaeni, 2024). Penggunaan pupuk sintetis tersebut

bertujuan untuk memaksimalkan hasil panen. Namun, penggunaan pupuk sintetis dalam jumlah yang besar dan terus menerus dapat menimbulkan dampak buruk bagi tanah dan lingkungan. Selain itu, pupuk sintetis seringkali kurang tersedia dan harganya semakin meningkat. Belakangan ini permintaan terhadap pupuk sintetis semakin meningkat sebagai respon global termasuk Indonesia untuk mencegah krisis pangan (Azahari & Sukarman, 2023) sehingga penggunaan pupuk sintetis perlu diturunkan dengan cara mengkombinasikan jenis pupuk yang digunakan. Salah satunya adalah kombinasi pemupukan sintetis dengan pupuk hayati dan pupuk organik.

Pupuk hayati merupakan pupuk yang terdiri dari mikroorganisme hidup yang berfungsi membantu dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman. Pupuk hayati dapat mempertahankan kontinuitas mikrobiota tanah, meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman (Pereg & McMillan 2015; Deng *et al.*, 2019). Pupuk hayati dapat menurunkan penggunaan pupuk sintetis NPK dengan menyediakan N melalui fiksasi nitrogen (N) dari atmosfer serta melarutkan posfat (P) dan kalium (K) dalam tanah (Gubali & Abdullah, 2021). Berbagai jenis pupuk hayati tersedia secara komersial pada saat ini. Salah satunya pupuk hayati Flora One diproduksi oleh PT. Ventra Biotech Indonesia. Pupuk hayati Flora One mengandung beberapa jenis mikroba seperti *Azospirillum* sp., *Rhizobium* sp., *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma harzianum* dan *Aspergillus niger*lsi.

Azospirillum sp. merupakan mikroorganisme non simbiotik yang dapat menambat nitrogen di atmosfer pada kondisi mikroaerofil. Selain itu *Azospirillum* juga dapat menghasilkan zat pengatur tumbuh seperti giberelin, auksin dan senyawa yang mirip dengan sitokinin (Sembiring *et al.*, 2013). *Azospirillum* sp., *Pseudomonas fluorescens* pada Flora One dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan fitohormon dan siderofor, menambat N secara non simbiotik dan dapat melarutkan unsur hara P (Guntoro & Bahri, 2023).

Bakteri *Rhizobium* sp. merupakan bakteri yang dapat memfiksasi nitrogen di atmosfer dengan bersimbiosis dengan akar tanaman (Biswas *et al.*, 2000) sedangkan *Trichoderma harzianum* merupakan jamur antagonis yang dapat mengendalikan patogen tular tanah, berperan sebagai biodekomposer dan dapat memacu pertumbuhan tanaman (Hermosa *et al.*, 2012; Hermosa *et al.*, 2013). *Trichoderma harzianum* juga dapat melarutkan unsur hara yang tidak larut dalam tanah (Altomare *et al.*, 1999). Hasil penelitian Bjorkman *et al* (1998) menunjukkan bahwa *Trichoderma harzianum* dapat meningkatkan pertumbuhan jagung manis pada kondisi tekanan stress kekeringan dan kekurangan N.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Percobaan

Percobaan ini dilaksanakan pada bulan Januari-Februari 2024 di Desa Pongenjek, Kecamatan Jonggat, Kabupaten Lombok Tengah.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gembor, penggaris, polybag, oven, sekop dan timbangan analitik. Bahan yang digunakan adalah benih kangkung darat varietas Bika, tanah, pupuk kandang ayam, PGPR Flora One, pupuk NPK Mutiara dan sekam

Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama yaitu konsentrasi pupuk hayati terdiri dari 3 aras yaitu, K0 (0 ml/L), K1 (5 ml/L) dan K2 (10 ml/L). Faktor kedua yaitu dosis pupuk NPK yang terdiri dari 4 aras yaitu D1 (1 g/tanaman), D2 (1,5 g/tanaman), D3 (2 g/tanaman) dan D4 (2,5 g/tanaman) sehingga didapatkan 12 kombinasi perlakuan yaitu:

- K0D1 = konsentrasi pupuk hayati 0 ml/L + dosis pupuk NPK 1 g/tanaman
- K0D2 = konsentrasi pupuk hayati 0 ml/L + dosis pupuk NPK 1,5 g/tanaman
- K0D3 = konsentrasi pupuk hayati 0 ml/L + dosis pupuk NPK 2 g/tanaman
- K0D4 = konsentrasi pupuk hayati 0 ml/L + dosis pupuk NPK 2,5 g/tanaman
- K1D1 = konsentrasi pupuk hayati 5 ml/L + dosis pupuk NPK 1 g/tanaman
- K1D2 = konsentrasi pupuk hayati 5 ml/L + dosis pupuk NPK 1,5 g/tanaman
- K1D3 = konsentrasi pupuk hayati 5 ml/L + dosis pupuk NPK 2 g/tanaman
- K1D4 = konsentrasi pupuk hayati 5 ml/L + dosis pupuk NPK 2,5 g/tanaman
- K2D1 = konsentrasi pupuk hayati 10 ml/L + dosis pupuk NPK 1 g/tanaman
- K2D2 = konsentrasi pupuk hayati 10 ml/L + dosis pupuk NPK 1,5 g/tanaman
- K2D3 = konsentrasi pupuk hayati 10 ml/L + dosis pupuk NPK 2 g/tanaman
- K2D4 = konsentrasi pupuk hayati 10 ml/L + dosis pupuk NPK 2,5 g/tanaman.

Percobaan memiliki 2 seri, setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, dan setiap ulangan terdiri atas 3 unit perlakuan sehingga dipersiapkan 72 unit percobaan.

Pelaksanaan Percobaan

Persiapan Tempat Penelitian

Pada lahan tersebut diletakan polibag dengan jarak polibag di dalam blok 20 cm dan jarak antar polibag di dalam blok 15 cm sehingga menghasilkan jarak tanam 20 x 15 cm. Panjang lahan percobaan adalah 240 cm dan lebar 75 cm Sehingga luas lahan yang digunakan adalah 18 m².

Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah, sekam dan pupuk kandang ayam kemudian polibag diisi dengan perbandingan 1 volume:1 volume:1 volume. Adapun tanah yang digunakan adalah tanah lapisan atas (*top soil*) yang diperoleh dari lahan pekarangan. Tanah tersebut diayak dan dibersihkan dari akar tanaman dan kotoran lainnya. Pupuk kandang ayam yang digunakan adalah pupuk kandang ayam yang matang dengan ciri tidak berbau, tidak terasa panas saat dipegang, gembur ketika diremas dan bentuk aslinya tidak tampak. Pupuk kandang diperoleh dari peternakan ayam di desa pengenjek. Media dicampur kemudian dimasukan ke dalam polybag berukuran 30 cm x 30 cm. Kemudian media ditekan dengan perlahan agar media tidak terlalu padat.

Persiapan Benih

Benih yang digunakan pada penelitian ini adalah kangkung varietas Bika. Varietas ini cocok dibudidayakan di dataran rendah sampai menengah. Kangkung varietas Bika memiliki ciri pertumbuhan dengan batang kokoh, tegak, pertumbuhannya seragam dan umur panen 20 – 35 HST. Selain itu, varietas ini juga memiliki rasa yang enak dan memiliki potensi hasil sebesar 6,2- 9,4 ton/ha. Benih dipilih terlebih dahulu sebelum ditanam, benih yang dipilih adalah benih yang tidak berlubang, bernas (tidak kisut) dan tidak pecah. Benih kemudian dimasukan ke dalam air untuk memastikan bahwa benih tidak rusak. Benih yang tenggelam adalah benih

yang tidak rusak sedangkan benih yang mengapung adalah benih yang rusak. benih ditiriskan dan dibiarkan hingga berkecambah kemudian ditanam ketika kecambah memiliki panjang 1 cm.

Penanaman

Penanaman dilakukan dengan membuat lubang sedalam 3 cm pada media tanam yang sudah disiapkan. Setiap polybag diisi dengan 2 benih kangkung darat.

Pemupukan

Pupuk hayati diaplikasikan sebanyak 2 kali, yaitu pada 7 hari sebelum tanam dan pada saat tanaman berumur 7 HST. Pengaplikasian pupuk hayati dilakukan dengan cara mengocorkan larutan pupuk hayati sebanyak 70 ml untuk setiap tanaman sesuai konsentrasi perlakuan. Sedangkan Pupuk NPK diaplikasikan sebanyak 2 kali yakni pada saat tanam dan ketika tanaman berumur 14 HST. Pupuk NPK diberikan dengan cara menaburkan pupuk NPK di sekitar perakaran tanaman sebanyak setengah dari dosis perlakuan.

Pengendalian Hama

Terdapat dua hama yang menyerang tanaman kangkung darat selama percobaan yaitu kumbang dan belalang hijau (*Oxya serville*). Hama tersebut menyerang tanaman kangkung darat pada umur 14 HST hingga panen. Hama tersebut menyerang dengan intensitas rendah dan dikendalikan dengan cara ditangkap kemudian dibunuh.

Penyiangan

Penyiangan gulma dilakukan dengan teknik mekanik yaitu dengan mencabut gulma yang tumbuh di sekitar tanaman. Tanaman kangkung darat disiang pada saat gulma mulai terlihat tumbuh di media tanam dan dilakukan sejak masa awal pertumbuhan hingga tanaman berumur 28 HST. Gulma mulai tumbuh pada saat tanaman berumur 12 HST adapun jenis gulma yang tumbuh adalah bayam duri (*Amaranthus spinosus*) dan rumput teki (*Cyperus rotundus*).

Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada saat tanaman kangkung darat berumur 35 HST. Pemanenan dilakukan dengan merobek polibag sehingga kangkung darat dapat dikeluarkan, kemudian dibersihkan dengan air dan dipisahkan untuk pengambilan sampel data berat segar dan berat kering.

Parameter pengamatan

Parameter pengamatan terdiri dari parameter utama dan parameter pendukung. Parameter utama yang diamati yaitu tinggi tanaman (cm), laju pertambahan tinggi tanaman (cm/hari), jumlah daun tanaman (helai), laju pertambahan jumlah daun tanaman (helai/hari), diameter batang tanaman (mm), laju pertambahan diameter batang tanaman (mm/hari), berat segar tanaman (g), berat kering tanaman (g) dan berat segar akar tanaman (g). Sedangkan parameter pendukung yaitu status unsur hara total tanah.

Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis menggunakan anova pada taraf 5% dan perlakuan yang berbeda nyata dilanjutkan uji lanjut menggunakan BNJ pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status unsur hara total tanah yang digunakan pada penelitian

Tanah merupakan media tanam utama yang paling sering digunakan dalam kegiatan budidaya tanaman kangkung darat. Keberadaan nutrisi dan unsur hara dalam tanah sangat

penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman sehingga serikali pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh media tanam yang digunakan serta unsur hara yang terdapat didalamnya. Pada penelitian ini, pengujian status unsur hara tanah dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif yaitu menggunakan alat uji PUTS. PUTS merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menganalisis kesuburan tanah secara kualitatif dengan hasil analisis mendekati hasil uji kuantitatif di Laboratorium (Putri & Safitri 2023). Adapun hasil uji yang didapatkan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Status Unsur Hara Total dalam Tanah Menggunakan Metode Kualitatif

Jenis unsur hara	Status unsur hara
Nitrogen (N)	Sangat tinggi
Fosfor (P)	Tinggi
Kalium (K)	sedang
Rangkuman hasil analisis ragam pengaruh faktor perlakuan terhadap semua parameter pengamatan	

Rangkuman hasil analisis ragam pengaruh faktor perlakuan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kangkung darat disajikan pada tabel 2. Pada tabel 2 dapat diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi pupuk hayati dan dosis pupuk NPK terhadap jumlah daun tanaman pada umur 28 dan 35 HST dan berat segar tanaman pada umur 35 HST. Perlakuan konsentrasi pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, laju pertambahan jumlah daun, diameter batang, berat segar dan berat kering tanaman. sementara perlakuan dosis pupuk NPK berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun tanaman, diameter batang tanaman, berat segar tanaman dan berat kering tanaman,

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Sidik Ragam Pengaruh Pemberian Konsentrasi pupuk hayati dan Dosis Pupuk NPK serta Interaksinya Terhadap Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan	Sumber keragaman		
	K	D	K×D
Tinggi tanaman 7 HST	NS	NS	NS
Tinggi tanaman 14 HST	NS	NS	NS
Tinggi tanaman 21 HST	NS	NS	NS
Tinggi tanaman 28 HST	S	S	NS
Tinggi tanaman 35 HST	S	S	NS
Jumlah daun tanaman 7 HST	NS	NS	NS
Jumlah daun tanaman 14 HST	NS	NS	NS
Jumlah daun tanaman 21 HST	NS	NS	NS
Jumlah daun tanaman 28 HST	S	S	S
Jumlah daun tanaman 35 HST	S	S	S
Diameter batang tanaman 7 HST	NS	NS	NS
Diameter batang tanaman 14 HST	NS	NS	NS
Diameter batang tanaman 21 HST	NS	NS	NS
Diameter batang tanaman 28 HST	S	S	NS
Diameter batang tanaman 35 HST	S	S	NS
Laju pertumbuhan tinggi tanaman	S	NS	NS
Laju pertumbuhan jumlah daun tanaman	S	NS	NS
Laju pertumbuhan diameter batang tanaman	NS	NS	NS
Bobot brangkas segar tanaman 35 HST	S	S	S
Bobot brangkas kering tanaman 35 HST	S	S	NS
Berat segar akar tanaman 35 HST		NS	NS

Keterangan : K (konsentrasi pupuk hayati), D (dosis pupuk NPK 16-16-16), S (signifikan), NS (Non signifikan) dan HST (Hari setelah tanam).

Interaksi perlakuan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman

Interaksi yang signifikan ditemukan pada parameter pertumbuhan tanaman yakni jumlah daun tanaman pada umur 28 dan 35 HST dan interaksi yang signifikan juga ditemukan pada parameter hasil tanaman yakni berat segar tanaman pada umur 35 HST (Tabel 3 dan 4).

Berdasarkan Tabel 3 pada umur 28 HST dan 35 HST menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi pupuk hayati menghasilkan jumlah daun tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa konsentrasi pupuk hayati. Disamping itu, pada perlakuan dosis pupuk NPK menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap jumlah daun tanaman kangkung darat namun, hal yang terjadi justru terdapat kecenderungan penurunan jumlah daun tanaman kangkung darat pada peningkatan dosis pupuk NPK dari 1 g/tanaman ke dosis NPK 1,5 g/tanaman, 2 g/tanaman dan 2,5 g/tanaman. Jumlah daun tanaman yang lebih tinggi justru diperoleh pada dosis pupuk NPK 1 g/tanaman (D1).

Tabel 3. Interaksi Antara Konsentrasi Pupuk Hayati dan Dosis Pupuk NPK terhadap jumlah daun tanaman kangkung darat Darat pada umur 28 HST dan 35 HST.

Waktu pengamatan	Konsentrasi Pupuk Hayati	Dosis pupuk NPK			
		D1 (1 g)	D2 (1,5 g)	D3 (2 g)	D4 (2,5 g)
28 HST	K0 (0 ml)	15,3ab	16,0ab	15,3ab	14,3a
	K1 (5 ml)	20,0b	17,0ab	17,7ab	19,0ab
	K2 (10 ml)	23,0b	19,0ab	18,3ab	17,3ab
BNJ 5%		4,7			
35 HST	K0 (0 ml)	20,7a	21,7a	22,0a	20,0a
	K1 (5 ml)	30,7b	26,0ab	26,3ab	27,0ab
	K2 (10 ml)	36,3b	27,7ab	27,0ab	26,3ab
BNJ 5%		7,3			

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui bahwa berat segar tanaman kangkung darat yang diberi perlakuan konsentrasi pupuk hayati menghasilkan berat segar tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian konsentrasi pupuk hayati. disamping itu, pada perlakuan pemberian dosis pupuk NPK, peningkatan pemberian dosis pupuk NPK dari dosis 1 g/tanaman ke 1,5 g/tanaman, 2 g/tanaman dan 2,5 g/tanaman menunjukkan bahwa tidak terjadi peningkatan berat segar tanaman yang signifikan. namun, justru terdapat kecenderungan penurunan berat segar tanaman seiring dengan peningkatan dosis pupuk NPK yang diberikan. Hasil berat segar yang lebih tinggi diperoleh pada perlakuan dengan dosis pupuk NPK 1 g/tanaman yang dikombinasikan dengan konsentrasi pupuk hayati.

Tabel 4. Interaksi Antara Konsentrasi Pupuk Hayati dan Dosis Pupuk NPK Dalam Mempengaruhi berat segar tanaman kangkung darat pada umur 35 HST

Konsentrasi Pupuk Hayati	Dosis pupuk NPK			
	D1 (1 g)	D2 (1,5 g)	D3 (2 g)	D4 (2,5 g)
K0 (0 ml)	27,5a	29,8ab	28,9ab	29,3ab
K1 (5 ml)	45,7b	38,0ab	36,8ab	36,6ab
K2 (10 ml)	49,2b	36,9ab	37,6ab	37,0ab
BNJ 5%	10,8			

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Unsur hara merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi jumlah daun dan berat segar tanaman. Ketersediaan unsur hara seperti NPK yang cukup dapat mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman terutama jumlah daun dan laju fotosintesis yang lebih tinggi. Jumlah daun dan laju fotosintesis yang tinggi berkontribusi pada berat segar tanaman (Dappa *et al.*, 2023). pada penelitian ini ditemukan bahwa berat segar tanaman dan jumlah daun tanaman kangkung darat yang lebih tinggi diperoleh pada perlakuan D1 (1 g/tanaman) yang dikombinasikan dengan konsentrasi pupuk hayati. Sedangkan Raksun *et al.* (2020) melaporkan bahwa dosis optimum pupuk NPK untuk kangkung darat adalah 1,5 g/tanaman. hal ini diduga pada kombinasi K1D1 dan K2D2 kebutuhan unsur hara tanaman kangkung darat dapat tercukupi dengan jumlah yang tepat sehingga ketika digunakan bersama pupuk hayati dan pupuk NPK saling bersinergi dalam mendukung pertumbuhan kangkung darat melalui mekanisme penyediaan unsur hara makro oleh pupuk NPK dan pelarutan unsur hara serta perbaikan tanah oleh pupuk hayati.

Hasil juga tersebut menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi pupuk hayati secara signifikan dapat menurunkan dosis pupuk NPK melalui peningkatan unsur hara nitrogen dan fosfor yang dilakukan oleh mikroorganisme yang memfiksasi nitrogen dan mikroorganisme pelarut fosfor sehingga penggunaan pupuk lebih efisien. Hasil ini serupa dengan hasil penelitian Shanmu *et al.* (2024) yang menemukan bahwa perlakuan dosis pupuk sintetis 85% dengan inokulan mikroba secara signifikan meningkatkan kandungan klorofil dan hasil panen *Phleum pratense* L. dan pada pengurangan dosis pupuk sintetis sebanyak 55% yang dikombinasikan dengan inokulan mikroba menunjukkan hasil yang sama dengan penggunaan pupuk sintetis 100%.

Pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati dengan konsentrasi berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata terhadap beberapa parameter pengamatan pada umur 28 HST dan 35 HST diantaranya seperti tinggi tanaman, laju pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang tanaman, jumlah daun tanaman, laju pertumbuhan jumlah daun tanaman, berat segar tanaman dan berat kering tanaman. Hal serupa juga ditemukan pada pemberian dosis pupuk NPK yang berbeda dimana terdapat pengaruh berbeda nyata terhadap beberapa parameter pengamatan seperti tinggi tanaman, laju pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang tanaman, jumlah daun tanaman, laju pertumbuhan jumlah daun tanaman, berat segar tanaman dan berat kering tanaman pada umur 28 HST dan 35 HST (Tabel 5,6,7 dan 8).

Tabel 5. menunjukkan bahwa pada umur 28 HST dan 35 HST, perlakuan dengan konsentrasi pupuk hayati menghasilkan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan tanpa pemberian konsentrasi pupuk hayati. Perlakuan K1 dan K2 tidak berbeda nyata satu sama lain akan tetapi perlakuan K1 dan K2 berbeda nyata terhadap perlakuan K0. Hal serupa juga ditemukan pada parameter laju pertumbuhan tanaman, dimana perlakuan dengan pemberian konsentrasi pupuk hayati menghasilkan laju pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian konsentrasi pupuk hayati, pada Tabel 5 juga dapat diketahui bahwa perlakuan K1 dan K2 tidak berbeda nyata satu sama lain akan tetapi perlakuan K1 dan K2 berbeda nyata terhadap perlakuan K0.

Tabel 5. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Pupuk Hayati dan Dosis Pupuk NPK Terhadap Tinggi dan Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kangkung Darat

Pupuk Hayati	Tinggi Tanaman					LP cm/hari
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
K0 (0 ml/l)	6,5	13,8	23,7	35,3a	46,7a	1,4a
K1 (5 ml/l)	6,6	14,0	24,4	40,2b	55,9b	1,8b
K2 (10 ml/l)	6,8	14,1	24,5	40,2b	55,7b	1,7b
BNJ 5%	-	-	-	2,1	3,7	0,1
Dosis pupuk NPK						
D1 (1 g)	6,8	14,1	24,7	40,5b	55,9b	1,8a
D2 (1,5 g)	6,4	13,8	23,8	38,1ab	52,4ab	1,6a
D3 (2 g)	6,6	13,8	24,6	37,7a	50,7a	1,6a
D4 (2,5 g)	6,7	14,2	23,9	38,0ab	52,4ab	1,6a
BNJ 5%	-	-	-	2,7	4,8	0,2

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa pada perlakuan pemberian NPK ditemukan bahwa terdapat kecenderungan penurunan tinggi tanaman seiring dengan peningkatan dosis pupuk NPK yakni dari dosis 1 g/tanaman ke dosis 1,5 g/tanaman, 2 g/tanaman dan 2,5 g/tanaman. tinggi tanaman pada perlakuan D1 lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya yakni D2, D3 dan D4. Selain itu, berdasarkan tabel 4.5 juga dapat diketahui bahwa perlakuan D1 berbeda nyata terhadap perlakuan D3 namun, tidak berbeda nyata terhadap perlakuan D2 dan D4 serta perlakuan D2 tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Disamping itu, pada parameter laju pertumbuhan tinggi tanaman pemberian dosis pupuk NPK tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan tinggi tanaman.

Tabel 6 menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi pupuk hayati memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap jumlah daun tanaman kangkung darat pada umur 28 HST dan 35 HST. Perlakuan K1 dan K2 tidak berbeda nyata satu sama lain akan tetapi, perlakuan tersebut berbeda nyata terhadap perlakuan K0. perlakuan dengan pemberian konsentrasi pupuk hayati menghasilkan umlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan dengan tanpa pemberian pupuk hayati. Hal serupa juga ditemukan pada parameter laju pertumbuhan jumlah daun tanaman dimana, perlakuan dengan konsentrasi pupuk hayati menghasilkan jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan dengan tanpa pemberian pupuk hayati.

Tabel 6. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Pupuk Hayati dan Dosis NPK Terhadap Jumlah Daun Tanaman dan Laju Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kangkung Darat

Pupuk Hayati	JUMLAH DAUN TANAMAN					LP Cm/hari
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
K0 (0 ml/l)	2,0	3,9	7,7	14,7a	21,0a	0,7a
K1 (5 ml/l)	2,0	4,0	8,0	17,7b	26,5b	0,9b
K2 (10 ml/l)	2,0	3,9	7,8	17,9b	26,5b	0,9b
BNJ 5%	-	-	-	1,6	2,5	0,1
Dosis pupuk NPK						
D1 (1 g)	2,0	4,0	8,0	18,1b	27,0b	0,9a
D2 (1,5 g)	2,0	3,8	7,8	16,1ab	23,8ab	0,8a
D3 (2g)	2,0	4,0	7,8	16,0ab	23,4ab	0,8a
D4 (2,5 g)	2,0	3,8	7,6	17,0ab	23,5ab	0,8a
BNJ 5%	-	-	-	2,0	3,2	0,1

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Disamping itu, pada perlakuan dosis pupuk NPK ditemukan bahwa pemberian beberapa dosis pupuk NPK berbeda nyata terhadap jumlah daun tanaman pada umur 28 HST dan 35 HST. Perlakuan D1 berbeda nyata dengan perlakuan D2, D3 dan D4. Jumlah daun yang diperoleh pada perlakuan D1 lebih tinggi dibandingkan perlakuan D2, D3 dan D4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pemberian dosis pupuk NPK dari dosis 1 g/tanaman, 1,5 g/tanaman/ 2 g/tanaman terdapat kecenderungan penurunan jumlah daun tanaman kangkung darat. Pada parameter laju pertambahan jumlah daun tanaman, pemberian dosis pupuk NPK menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh berbeda nyata terhadap laju pertambahan jumlah daun tanaman.

Tabel 7 menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi pupuk hayati tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang tanaman pada umur 7 HST, 14 HST dan 21 HST. Tetapi berbeda nyata pada umur 28 HST dan 35 HST. Pada umur 28 HST Perlakuan K1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan K2 namun, berbeda nyata dengan perlakuan K0. Diameter batang tanaman kangkung darat pada perlakuan dengan konsentrasi pupuk hayati lebih besar daripada perlakuan tanpa konsentrasi pupuk hayati. Disamping itu, pada parameter laju pertumbuhan batang tanaman, ditemukan bahwa tidak terdapat pengaruh berbeda nyata pada seluruh perlakuan konsentrasi pupuk hayati dalam mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman kangkung darat.

Tabel 7. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Pupuk hayati dan Dosis NPK Terhadap Diameter Batang Tanaman dan Laju Pertumbuhan Diameter Batang Tanaman Kangkung Darat

Pupuk hayati	DIAMETER BATANG TANAMAN					LP cm/hari
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	
K0 (0 ml/l)	0,7	1,9	4,2	7,4a	9,1a	0,3
K1 (5 ml/l)	0,8	2,1	4,2	7,7b	9,5b	0,4
K2 (10 ml/l)	0,8	2,1	4,3	7,7b	9,7b	0,4
BNJ 5%	-	-	-	0,2	0,2	0,1
Dosis pupuk NPK						
D1 (1 g)	0,8	2,1	4,3	7,8b	9,7b	0,4
D2 (1,5 g)	0,8	2,0	4,3	7,6ab	9,4a	0,3
D3 (2g)	0,8	1,9	4,2	7,5a	9,3a	0,3
D4 (2,5 g)	0,7	2,0	4,2	7,6ab	9,4a	0,3
BNJ 5%	-	-	-	0,2	0,2	0,1

Pada perlakuan dosis pupuk NPK menunjukkan bahwa pemberian NPK berbeda nyata terhadap diameter batang tanaman kangkung darat pada umur 28 HST dan 35 HST. pada umur 28 HST, perlakuan D1 berbeda nyata terhadap perlakuan D3 namun, tidak berbeda nyata terhadap perlakuan D2 dan D4, perlakuan D3 hanya berbeda nyata terhadap perlakuan D1. pada umur 35 HST, perlakuan D1 berbeda nyata terhadap perlakuan D2, D3 dan D4. perlakuan dengan dosis pupuk NPK 1 g/tanaman (D1) menghasilkan diameter batang yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. hal tersebut juga menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk NPK dari dosis 1 g/tanaman, 1,5 g/tanaman/ 2 g/tanaman terdapat kecenderungan penurunan besar diameter tanaman kangkung darat. disamping itu, pada parameter laju pertambahan diameter batang tanaman kangkung darat, ditemukan bahwa tidak terdapat pengaruh berbeda nyata.

Tabel 8. Pengaruh Pemberian Konsentrasi pupuk hayati dan Dosis NPK Terhadap Panjang Akar, berat segar dan berat kering Tanaman Kangkung Darat

Konsentrasi Pupuk Hayati	Panjang Akar Tanaman	Berat Segar Tanaman	Berat Kering Tanaman
K0 (0 ml/l)	21,27a	29.0a	2,0a
K1 (5 ml/l)	22,34a	39.8b	3,1b
K2 (10 ml/l)	22,43a	40.1b	3,2b
BNJ 5%	2,4	3,8	0,4
Dosis pupuk NPK			
D1 (1 g)	23,77a	40.7b	3,2b
D2 (1,5 g)	21,58a	35.1a	2,6a
D3 (2g)	20,78a	34.4a	2,6a
D4 (2,5 g)	21,91a	35.0a	2,6a
BNJ 5%	3,1	4,9	0,5

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Tabel 8 menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi pupuk hayati dan dosis pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap berat segar dan berat kering tanaman pada umur 35 HST. Pemberian konsentrasi pupuk hayati pada perlakuan K1 dan K2 tidak berbeda nyata terhadap satu sama lain akan tetapi, berbeda nyata terhadap perlakuan K0. Berat segar dan berat kering tanaman kangkung darat lebih tinggi diperoleh pada perlakuan K2 dan K1 yakni dengan pemberian konsentrasi pupuk hayati dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian konsentrasi pupuk hayati.

Pemberian dosis pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap berat segar dan berat kering tanaman kangkung darat. Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa pemberian dosis pupuk NPK pada perlakuan D1 berbeda nyata dengan perlakuan lainnya yakni D2,D3 dan D4 dan ditemukan bahwa berat segar dan berat kering tanaman kangkung darat yang lebih tinggi ditemukan pada perlakuan D1. Peningkatan dosis pupuk NPK dari dosis 1 g/tanaman, 1,5 g/tanaman/ 2 g/tanaman terdapat kecenderungan penurunan berat segar dan berat kering tanaman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dibagi menjadi 2 yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal terdiri dari, genetika tanaman, hormon tanaman dan molekul sinyal (*signaling molecule*). sedangkan faktor eksternal diantaranya adalah suhu, temperatur, ketersediaan air, cahaya matahari dan status hara dalam tanah (Araki *et al.*, 2015; Shahid & Abdul 2020; Wang *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati dengan konsentrasi berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata terhadap beberapa parameter pengamatan pada umur 28 HST dan 35 HST diantaranya seperti tinggi tanaman, laju pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang tanaman, jumlah daun tanaman, laju pertumbuhan jumlah daun tanaman, berat basah tanaman dan berat kering tanaman. Hal serupa juga ditemukan pada pemberian dosis pupuk NPK yang berbeda dimana terdapat pengaruh berbeda nyata terhadap beberapa parameter pengamatan seperti tinggi tanaman, laju pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang tanaman, jumlah daun tanaman, laju pertumbuhan jumlah daun tanaman, berat basah tanaman dan berat kering tanaman pada umur 28 HST dan 35 HST.

Pupuk hayati yang digunakan pada penelitian ini berisi beberapa jenis mikroba seperti *Azospirillum* sp., *Rhizobium* sp., *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma harzianum* dan

*Aspergillus niger*lsi. Pada penelitian ini, beberapa jenis mikroba seperti *Azospirillum* sp., *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma harzianum* dan *Aspergillus niger*lsi berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman kangkung darat. Sedangkan *Rhizobium* sp., pada penelitian ini tidak berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman kangkung darat dikarenakan *Rhizobium* sp. merupakan bakteri yang bersifat simbiotik yakni bersimbiosis dengan bintil akar.

Salah satu unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman termasuk kangkung darat adalah nitrogen. Nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil, asam amino, protein, asam nukleat, co-enzim, ATP, NADH dll (Ohyama, 2010). Menurut Matiru *et al.* (2004) diperkirakan bahwa sebesar 65% nitrogen yang dapat digunakan pada sektor pertanian dihasilkan oleh *biological nitrogen fixation* (BNF). Genera bakteri yang tergolong sebagai BNF pada penelitian ini adalah *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*. *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* diketahui dapat menambat nitrogen di atmosfer sehingga keberadaanya di dalam tanah dapat menyediakan nitrogen untuk tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Abdel *et al.* (2023) dan Nagpal *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa *Azospirillum* sp dan *Pseudomonas fluorescens* mampu mengubah nitrogen di atmosfer menjadi nitrogen yang dapat diserap oleh tanaman sehingga secara signifikan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Proses penambatan nitrogen tersebut mengacu pada proses mengubah nitrogen di atmosfer menjadi amonia sehingga dapat diserap oleh tanaman (Sukul *et al.*, 2021). Selain itu, Zang *et al.* (2022) melaporkan hasil penelitiannya bahwa penambahan *Pseudomonas fluorescens* secara signifikan dapat meningkatkan tingkat pemulihan nitrogen pada tanah.

Fosfor merupakan unsur hara urutan ke-dua terpenting setelah nitrogen. Fosfor memiliki fungsi utama yaitu untuk menyimpan dan mentranfer energi dalam bentuk ADP dan ATP (Liferdi, 2010). Secara umum, tanah mengandung fosfor dengan jumlah yang tinggi baik dalam bentuk organik maupun anorganik namun, fosfor seringkali berikatan dengan ion kalsium, ion besi, ion aluminium dan lainnya sehingga tidak dapat diserap secara efektif oleh tanaman (Mehta *et al.*, 2019). Salah satu cara untuk meningkatkan jumlah fosfat tersedia di dalam tanah adalah dengan pengaplikasian mikroorganisme pelarut fosfat (Ma *et al.*, 2016).

Azospirillum sp., *Pseudomonas fluorescens*, dan *Aspergillus niger*lsi merupakan jenis mikroorganisme pelarut fosfat yang digunakan pada penelitian ini. Menurut Mendoza *et al.* (2020) *Aspergillus niger*lsi merupakan cendawan yang memiliki kemampuan yang tinggi dalam melarutkan fosfat. *Aspergillus niger*lsi juga dapat melarutkan P dari batuan fosfat di dalam tanah melalui sekresi asam oksalat (Su *et al.*, 2021). Disamping itu, *Pseudomonas fluorescens* yang digunakan pada penelitian ini juga merupakan bakteri pelarut fosfat yang baik. Menurut Sarmah & Sarma (2023) bakteri *Pseudomonas fluorescens* mampu memproduksi sekaligus melepaskan asam organik seperti asam asetat, asam propionat, asam laktat dan asam suksinat. Gugus-gugus hidroksil dan karboksil dari asam-asam tersebut selanjutnya bereaksi dengan mineral fosfat dan secara efektif melarutkannya sehingga dapat diserap oleh tanaman.

Pada penelitian ini pemberian pupuk hayati yang berisi strain cendawan *Aspergillus niger* dan *pseudomonas fluorescens* secara signifikan mempengaruhi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, berat segar dan berat kering tanaman kangkung darat. Hal serupa juga dengan yang dilaporkan oleh Kumar *et al.* (2010) bahwa pengaplikasian bakteri genus *Pseudomonas* secara signifikan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Diamati

bahwa tomat yang diberi perlakuan *Pseudomonas* menghasilkan tanaman yang lebih tinggi, hasil buah lebih tinggi dan penyerapan nutrisi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Selain dapat menambat nitrogen dan melarutkan fosfor, strain mikroba seperti, *Azospirillum*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Aspergillus niger* dapat memacu pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon pertumbuhan. Bakteri *Azospirillum* sp dapat memproduksi 3 jenis zat pengatur tumbuhan yaitu Auksin, sitokinin dan giberelin (Tien *et al.*, 1979; Reynders *et al.*, 1979 ; Bottini *et al.*, 1989). *Aspergillus Niger* dilaporkan dapat memproduksi hormon pertumbuhan seperti asam indolasetat (IAA) dan asam giberelat (GA) (Lubna *et al.*, 2012; Cihangir *et al.*, 2012; Bilkay *et al.*, 2010). Disamping itu, *Pseudomonas fluorescens* dapat memproduksi fitohormon seperti asam absisat (ABA), sitokinin (CK), giberelin, dan indole-3-asam asetat (IAA) (Egamberdieva, 2009; Hernandez *et al.*, 2015; Verma *et al.*, 2015).

IAA memiliki peran sangat penting pada proses pertumbuhan tanaman dan fisiologis tanaman seperti proses embriogenesis pada fase perkecambahan, proses organogenesis, perkembangan akar dan tunas tanaman dan perkembangan buah (Etchells *et al.*, 2016). Hormon sitokinin yang dihasilkan oleh PGPR berperan dalam menstimulasi pembelahan sel, ekspansi sel, mendorong perkembangan kloroplas dan perkembangan jaringan vaskular (Hayat *et al.*, 2010). Disamping itu, Giberelin terlibat langsung dalam proses perkembangan tanaman seperti dormansi benih, perkecambahan, perkembangan akar tanaman, perbanyakan bulu akar tanaman dan pembungaan tanaman (Nagel *et al.*, 2018).

Kemampuan mikroba dalam memproduksi beberapa jenis fitohormon tersebut diduga dapat memacu pertumbuhan tanaman kangkung darat pada penelitian ini yang ditunjukkan oleh pada pemberian konsentrasi pupuk hayati menghasilkan jumlah daun, laju pertumbuhan jumlah daun, tinggi tanaman, laju pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang tanama, berat segar dan berat kering tanaman yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Wang *et al.* (2018) pada penelitian tersebut *Arabidopsis thaliana* diinokulasi dengan konsentrasi pupuk hayati penghasil sitokinin dan *Bacillus megasporum* dan menemukan bahwa terjadi peningkatan kadar transkrip reseptor sitokinin pada tunas dan akar tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. pada penelitian lain menunjukkan bahwa aplikasi giberelin secara signifikan meningkatkan biomassa kering akar, batang, daun dan pucuk tanaman hiperakumulator *Sedum Alfredii* (Liang *et al.*, 2021). selain memacu pertumbuhan tanaman melalui mekanisme penyediaan unsur hara dan produksi fitohormon, pupuk hayati juga dapat memacu pertumbuhan tanaman melalui mekanisme perlindungan terhadap patogen.

Mikroorganisme seperti *Azospirillum Sp*, *Pseudomonas Fluorescens*, *Aspergillus Niger* dan *Thricoderma sp* yang digunakan pada penelitian ini mampu melindungi tanaman kangkung darat dari serangan mikropatogen dengan menjadi agen antagonis bagi beberapa patogen. Sutana *et al* (2023) melaporkan hasil penelitiannya yang menunjukkan bahwa *Azospirillum Sp*. dapat menghambat pertumbuhan beberapa patogen diantaranya *M. phaseolina* *S. rolfsii*, *R. solani* *Alternaria tenuissima* *Fusarium oxysporum f. sp. ricini*. Demikian pula Chauhan *et al* (2023) melaporkan bahwa *Pseudomonas fluorescens* dapat menghasilkan lipopeptida seperti viscosinamide yang berperan sebagai agen anti bakteri serta dapat meningkatkan ketebalan tanaman. disamping itu, *Thricoderma spp.* dapat menekan pertumbuhan dan perkembangan

patogen tular tanah dengan cara produksi mikoparasitisme, antibiotik serta kompetisi ruang dan nutrisi dengan patogen di rizosfer (Saxena *et al.*,2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi pupuk hayati dan dosis pupuk NPK dalam mempengaruhi berat segar dan jumlah daun tanaman kangkung darat pada umur 28 HST dan 35 HST. Kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi pupuk hayati 5 ml/L dan dosis pupuk NPK 1 g/tanaman, serta pada konsentrasi pupuk hayati 10 ml/L dengan dosis pupuk NPK 1 g/tanaman. Selain itu, konsentrasi pupuk hayati juga berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat segar, dan berat kering tanaman kangkung darat. Pemberian konsentrasi pupuk hayati 5 ml/L dan 10 ml/L menunjukkan hasil yang lebih baik, dengan jumlah daun, diameter batang, berat segar, dan berat kering yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan konsentrasi pupuk hayati lainnya. Selanjutnya, dosis pupuk NPK juga memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat segar, dan berat kering tanaman kangkung darat. Dosis NPK 1 gram/tanaman menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat segar, dan berat kering yang lebih tinggi dibandingkan dosis lainnya

Ucapan Terimakasih.

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kemenristekdikti atas dana yang diberikan melalui penelitian skim Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2017 dengan nomor kontrak 074/SP2H/LT/DRPM/IV/2017

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel, A.M.K., Assiri, M.E., Al-Farga, A., Moustafa, Y.M.M., Hammam, A. A. Haddad, S. A., Abdelkarim, N. S. 2023. Exploration of the Benefits of Biofertilizers for Attaining Food Security in Egypt's Agriculture. *Agronomy*. 13: 2477.
- Ammar, M., Susilawati, S., Irmawati, I., Harun, M. U., Achadi, T., Sodikin, E., Wulandari, S. S. 2023. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* poir) secara Terapung. Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-10 tahun 2022. Palembang 27 oktober 2022. 628-634.
- Araki, R, Kousaka, K, Namba, K, Murata Y, Murata, J.2015. 2'-Deoxymugineic Acid Promotes Growth Of Rice (*Oryza sativa* L.) by Orchestrating Iron and Nitrate Uptake Processes Under High pH Conditions. *Plant J*. 81:233–246
- Arora, N.K., Fatimam T., Mishra J., Mishra I., Verma S., Verma R., Verma M., Bhattacharya A., Verma P., Mishra P., Bharti., C. 2020. Halo-tolerant Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Improving Productivity and Remediation of Saline Soils. *Journal of Advanced Research* 26: 69–82 DOI <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.07.003>
- Ayu, J., Sabli, E., Sulhaswardi, S. 2017. Uji Pemberian Pupuk NPK Mutiara dan Pupuk Organik Cair Nasa Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.). *Dinamika Pertanian*. 33: 103-114.
- Bhattacharyya, P.N., Jha, D.K. 2012. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Emergence in Agriculture. *World J Microbiol Biotechnol*. 28:1327–1350

- Biswas, J.C., Ladha, J.K., Dazzo F.B. 2000. Rhizobia Inoculation Improves Nutrient Uptake and Growth of Lowland Rice. *Journal-American Society For Soil Science*. 64(5): 1644-1650.
- Björkman, T., Blanchard, L. M., Harman, G. E. 1998. Growth Enhancement of Shrunken-2 (sh2) Sweet Corn by *Trichoderma Harzianum* 1295-22: Effect of Environmental Stress. *Journal-American Society For Horticultural Science*. 123: 35-40.
- Bottini, R., Fulchieri, M., Pearce, D. and Pharis, R.P. 1989. Identification of Gibberellins A1, A3 and iso-A3 in Cultures of *Azospirillum lipoferum*. *Plant Physiol*. 90: 45-47
- Chauhan, V., Mazumdar, S., Pandey, A., Kanwar, S. S. (2023). *Pseudomonas* Lipopeptide: An Excellent Biomedical Agent. *MedComm–Biomaterials and Applications*. 2020(39): 751-763
- Dalavi, V.M., Tarun, K., Meshram, M.R., Swaroop, N. 2021. Effect of NPK Level and Micronutrients With and Without Liquid Fertilizer on Plant Nutrient Uptake of Maize. *International Journal of Chemical Studies*. 9(1) : 3535- 3538
- Dely, A., Sukmawati, S., Yamin, M., Akib, M. A., Suherman, S. 2024. Karakterisasi Morfologi Jagung Hibrida (*Zea mays* L.) pada Berbagai Pemberian Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar pada Tanah Bertekstur Liat. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. 12: 104-113.
- Egamberdieva, D. 2005. Characterization of *Pseudomonas* Species Isolated from The Rhizosphere of Plant Grown in Serozem Soil, Semiarid Region of Uzbekistan. *Science World Journal*. 5:501-509
- Etchells, J.P., Smit, M.E., Gaudinier, A., Williams, C.J., Brady, S.M. 2016. A Brief History of The TDIFPXY Signaling Module: Balancing Meristem Identity And Differentiation During Vascular Development. *New Phytologist*. 22: 474-484
- Faturrahman, T. 2021. Edukasi Pentingnya Konsumsi Sayur dan Buah pada Siswa Sekolah Dasar Negeri 2 Soropia Kecamatan Soropia Kabupaten Konawe. *Krida Cendekia*. 1: 44-45
- Fiorentino, N., Ventrino, V., Woo, S.L., Pepe, O., De, R. A. Glol, L., Romano ,I., Lombardi, N., Napolitano, M., Colla, G. 2018. *Trichoderma*-Based Biostimulants Modulate Rhizosphere Microbial Populations and Improve N Uptake Efficiency, Yield and Nutritional Quality of Leafy Vegetables. *Plant Sci*. 9: 743
- Flores, F. J. D., Menéndez, E., Rivera, L. P., Marcos, G. M., Martínez, H. P., Mateos, P. F., Martínez, M. E., Velázquez, M. E., Rivas, P. G. F. R. 2013. Use of *Rhizobium Leguminosarum* as A Potential Biofertilizer for *Lactuca sativa* and *Daucus carota* crops. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 176: 876-882.
- Gubali, H., & Abdullah, N. 2021. The Effectivity Testing Bio-Organic Fertilizer Toward The Plant's Growth and Productions of Water Spinach (*Ipomoea reptans* poir). *Earth and Environmental Science*. 681: 1-3
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I. 2010. Soil Beneficial Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion: A review. *Ann. Microbiol*. 60: 579–598
- He, S., Zhang, Y., Yang, X., Li, Q., Li, C., Yao, T. 2024. Effects of Microbial Inoculants Combined with Chemical Fertilizer on Growth and Soil Nutrient Dynamics of Timothy (*phleum pratense* L.). *Agronomy*. 14: 1016
- Herdiyanto, D. D., Setiawan, A. 2015. Upaya Peningkatan Kualitas Tanah Melalui Sosialisasi Pupuk Hayati, Pupuk Organik, dan Olah Tanah Konservasi di Desa Sukamanah dan

- Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat. 4: 47-53.
- Hermosa, R., Rubio, M. B., Cardoza, R. E., Nicolás, C., Monte, E., Gutiérrez, S. 2013. The Contribution of Trichoderma to Balancing The Costs of Plant Growth and Defense. Microbiol. 16: 69-80.
- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I., Monte, E. 2012. Plant-Beneficial Effects of Trichoderma and of Its Genes. Microbiology. 158: 17-25.
- Hernández, L.R., Rojas, S.D., Contreras, P.M., Orozco, M.M.C., Macías, R.L.I., Reyes de la Cruz H. 2015. Characterization of The Antifungal and Plant Growthpromoting Effects of Diffusible and Volatile Organic Compounds Produced by Pseudomonas fluorescens Strains. Biological Control. 81: 83-92. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.11.011>
- Husnihuda, M. I., Sarwitri, R., Susilowati, Y. E. 2017. Respon Pertumbuhan dan Hasil Kubis Bunga (Brassica oleracea Var. Botrytis, L.) pada Pemberian PGPR Akar Bambu dan Komposisi Media Tanam. Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika. 2: 13-16.
- Kesuma, P dan Salamah, Z. 2013. Pertumbuhan Bayam Cabut (Amaranthus tricolor L) dengan Pemberian Kompos Berbahan Dasar Daun Krinyu (Chromolaena odorata L.). Bioedukatika. 1: 1-9
- Kumar, M.R., Prakash, O., Alam, M., Dikshit, A. 2010. Influence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on The Productivity of Pelargonium graveolens L. Herit. Science and Technology. 2: 53-57
- Lang, B., Chen, J. 2023. Trichoderma harzianum Cellulase Gene thph2 Affects Trichoderma Root Colonization and Induces Resistance to Southern Leaf Blight in Maize. Journal of Fungi. 9: 1168.
- Liang, Y., Xiao, X., Guo, Z., Peng, C., Zeng P., Wang, X. 2021. Co-application of Indole-3-acetic Acid/gibberellin and Oxalic Acid for Phytoextraction of Cadmium and Lead with Sedum alfredii Hance from Contaminated Soil. Chemosphere. 285: 13
- Liang, X., An, W., Li, Y., Wang, Y., Su, S. 2023. Effects of Different Nitrogen Application Rates on Root Growth and Distribution of Fine Root Length Across Diameter Classes of Wolfberry (Lycium barbarum L.). Forests. 14: 2317
- Liferdi, L. 2010. Efek Pemberian Fosfor terhadap Pertumbuhan dan Status Hara pada Bibit Manggis. Hort. 20: 18-26
- Ma, Y., Oliveira, R.S., Freitas, H., Zhang, C. 2016. Biochemical and Molecular Mechanisms of Plant Microbe-metal Interactions: Relevance for Phytoremediation. Plant Sci. 7: 918
- Mehta, P., Sharma, R., Putatunda, C., Walia, A. 2019. Endophytic Fungi: Role in Phosphate Solubilization. Advances in endophytic fungal research: present status and future challenges. 183-209.
- Mendoza-Arroyo, G.E., Chan-Bacab, M.J., Aguila-Ramírez, R.N., Ortega-Morales, B.O., Canché Solís, R.E., Chab-Ruiz, A.O., Cob-Rivera, K.I., Dzib-Castillo, B.B., Tun-Che, R.E., Camacho-Chab, J.C. 2020. Inorganic Phosphate Solubilization by a Novel Isolated Bacterial Strain Enterobacter sp. ITCB-09 and Its Application Potential as Biofertilizer. Agriculture. 10: 383.
- Nagel, R., Bieber, J. E., Schmidt-Dannert, M. G., Nett, R. S., Peters, R. J. 2018. A third class: Functional Gibberellin Biosynthetic Operon in Beta-proteobacteria. Frontiers in

- Microbiology. 9: 7-9.
- Nagpal, S., Sharma, P., Sirari, A., Kumawat, K., Wati, L., Gupta, S., Mandahal, K.S. 2021. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as Model Legume for Decoding The Co-existence of *Pseudomonas fluorescens* and *Mesorhizobium* sp as Bio-fertilizer Under Diverse Agro-climatic Zones. *Microbiol.* 247
- Napitupulu, D., L. Winarto. 2010. Pengaruh Pemberian Pupuk N Dan K Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Bawang Merah. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara. *Jurnal Hortikultura.* 20: 22-35
- Nugraha, E., Noertjahyani, N., Parlinah, L. 2023. Pengaruh Konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung (*Ipomoea reptans* poir) Varietas Bika. *OrchidAgro.* 3: 12-19.
- Ohyama, T. 2010. Nitrogen as A Major Essential Element of Plants. *Nitrogen Assim. Plants.* 37: 1–17
- Perdana, B.S.K., Fajriani, S., Heddy, Y.S. 2014. Pengaruh Aplikasi Bio Stimulator dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir). Doctoral dissertation, Brawijaya University). Indonesia
- Rahni, N. M. 2012. Efek Fitohormon PGPR terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*). *Agribisnis dan Pengembangan Wilayah.* 3: 27-35.
- Raksun, A., Mahrus., I Gede M. 2020. Vegetatif Growth of Land kale (*Ipomea reptans*) Due to Different Doses of NPK and Bokashi Fertilizer. *Jurnal Biologi Tropis.* 20(2): 311-312
- Reynders, L., Vlassak, K. 1979. Conversion of Tryptophan to Indoleacetic Acid by *Azospirillum brasilense*. *Soil Biol. Biochem.* 11: 547-548
- Rukmana. 1994. Kangkung. Kanisius.Yogyakarta.
- Saber, F. M. A., Abdelhafez, A. A., Hassan E. A, Ramadan E. M. 2015. Characterization of Fluorescent *Pseudomonads* Isolates and Their Efficiency on The Growth Promotion of Tomato Plant. *Annals of Agricultural Science.* 60:131–140
- Sarmah, R., Sarma, A. K. 2023. Phosphate Solubilizing Microorganisms: A review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 54: 1306-1315.
- Saxena, A., Mishra, S., Ray, S., Raghuwanshi, R., Singh, H. B. 2020. Differential Reprogramming of Defense Network in *Capsicum annum* L. Plants Against *Colletotrichum Truncatum* Infection by Phyllospheric and Rhizospheric *Trichoderma* Strains. *Journal of plant growth regulation.* 39: 751-763.
- Setiawan B., Wirda Z., Nasruddin N., Hafifah H., Safrizal S. 2022. Pertumbuhan Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir) dengan Dosis dan Cara Aplikasi Tepung Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi.* 1: 1-5.
- Seyis B. I., Karakoç S., Aksöz N. 2010. Indole-3-acetic Acid and Gibberellic Acid Production in *Aspergillus niger*. *Turk J Biol.* 313–318
- Shahid A., Abdul B. M. 2020. Overview of Sustainable Plant Growth and Differentiation and The Role of Hormones in Controlling Growth and Development of Plants Under Various Stresses. *Nutr Agric.* 11:105–114
- Solihin E., Sandrawati A., Kurniawan W. 2018. Pemanfaatan Pekarangan Rumah Untuk Budidaya Sayuran Sebagai Penyedia Gizi Sehat Keluarga. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat.* 4: 1–2
- Sukul P., Kumar J., Rani A., Abdillahi A. M., Rakesh R. B., Kumar M. H. 2021. Functioning

- of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Their Mode Of Actions: An overview from chemistry point of view. *Plant Arch.* 21: 628-634.
- Sultana U., Desai S., Pinisetty S. 2023. In Vitro Screening for Abiotic Stress Tolerance and Biocontrol Ability of Plant Growth Promoting Strains of *Azotobacter* and *Azospirillum* spp. *Current Agriculture Research Journal.* 11(3)
- Sutarno. 2016. Mudah dan Praktis Budidaya Kangkung. Vilam media. Jawa Barat
- Syarief S. 1986. Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Bandung, 182 ha
- Tien T.M., Gaskins M.H. and Hubbell D.H. 1979. Plant Growth Substances Produced by *Azospirillum brasilense* and Their Effect on The Growth of Pearl Millet (*Pennisetum americanum* L.). *Microbiol.* 37: 1016-1024
- Verman P., Yadav A.N., Khannam K.S., Panjiar N., Kumar S., Suman A. 2015. Assessment of Genetic Diversity and Plant Growth Promoting Attributes of Psychrotolerant Bacteria Allied with Wheat (*Triticum aestivum*) from The Northern Hills Zone of India. *Annals of Microbiol.* <https://doi.org/10.1007/s13213-014-1027-4>
- Wang J., Zhang Y., Jin J., Li, Q., Zhao C., Nan W., Bi Y. 2018. An Intact Cytokinin-Signaling Pathway Is Required for *Bacillus* sp. LZR216-Promoted Plant Growth and Root System Architecture Alteration in *Arabidopsis thaliana* Seedlings. *Plant Growth Regulation.* 84: 507-518.
- Wang W. Q., Xu Y. X., Sui Y. P., Ding X. H., Song X. J. 2022. A Multiomic Study Uncovers A Bzip23-PER1A-mediated Detoxification Pathway to Enhance Seed Vigor in Rice. *Proc Natl Acad Sci* 119:e2026355119
- Wu X., Wang X., Meng H., Zhang J., Lead J. R., Hong J. 2024. *Pseudomonas fluorescens* with Nitrogen-fixing Function Facilitates Nitrogen Recovery in Reclaimed Coal Mining Soils. *Microorganisms.* 12: 9
- Yuliana A., Albert. 2013. Aktivitas Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) terhadap Jamur *Pityrosporum Ovale* Hasil Isolasi Secara In Vitro. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada.* 9:1-6
- Yuniarti E., Noviyanti E., Radiastuti N., Kosasih J., Aminah S., Suryadi Y., Susilowati D. N. 2023. Shallot Growth and Production Responses to Application of Microorganisms Based-biostimulant and NPK Fertilizer Combinations on Acid Soil. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science.* 1253(1). 012040.
- Zaib S., Zubair A., Abbas S., Hussain J., Ishaq A., Shakeel S.N. 2023. Plant Growth-promoting Rhizobacteria (PGPR) Reduce Adverse Effects of Salinity and Drought Stresses by Regulating Nutritional Profile of Barley. *Applied and Environmental Soil Science.* hal. 4-5
- Zhang N., Huang S., Lei H., Lei X., Liu P., Yan J. 2022. Changes in Soil Quality Over Time Focusing On Organic Acid Content in Restoration Areas Following Coal Mining. *Catena.* 218 : 6-8