

Optimalisasi Penggunaan Nitrogen pada Tanaman Jagung di Tanah Marginal Melalui Bakteri Penambat Nitrogen dan Limbah Udang

Optimization Of Nitrogen Use in Maize Plants on Marginal Soil Through Nitrogen-Fixing Bacteria and Shrimp Waste

Eko Hary Pudjiwati*, Desy Kurnia Damanik

Submission: 30 April 2025, Review: 9 Mei 2025, Online publish: 29 Januari 2026

*) Email korespondensi: eko.pudjiwati@borneo.ac.id
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan, Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara, 77123

ABSTRAK

Tanah marginal memiliki produktivitas yang rendah karena kesuburan tanahnya terbatas, terutama dalam ketersediaan nitrogen (N). Pemanfaatan bakteri penambat nitrogen (*N-fixing bacteria*) dan limbah udang sebagai alternatif pupuk organik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen oleh tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata*), yang merupakan salah satu komoditas pangan penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri penambat nitrogen dalam meningkatkan penggunaan hara N dan pengaruhnya pada pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis bila diaplikasikan bersama-sama limbah udang. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan pemberian limbah udang 20 ton/ha dengan penambahan isolat bakteri penambat dan pupuk kimia (50% Urea + 100% SP-36 + 100% KCL), yang terdiri dari 5 perlakuan 4 ulangan, yaitu Tanpa pupuk, limbah udang dan bakteri penambat nitrogen. Perlakuan lainnya adalah kontrol (pemberian pupuk kimia saja); isolat BPN1; isolat BPN2; dan isolat BPN3. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi paket teknologi bakteri penambat nitrogen dan limbah udang dapat meningkatkan nilai C organik tanah, serapan hara nitrogen, efisiensi serapan hara nitrogen dan efisiensi agronomi tanaman jagung manis pada tanah marginal. Selain itu juga dapat mengurangi penggunaan pupuk Urea sampai 50%. Teknologi ini berpotensi menjadi solusi ramah lingkungan untuk mendukung keberlanjutan pertanian di lahan marginal.

Kata kunci: bahan organik; bakteri penambat nitrogen; serapan hara nitrogen; efisiensi serapan hara.

ABSTRACT

Marginal land has low productivity due to its limited soil fertility, especially in terms of nitrogen (N) availability. The use of nitrogen-fixing bacteria and shrimp waste as alternative organic fertilizers can increase nitrogen use efficiency in sweet corn (*Zea mays saccharata*), which is an important food commodity. This study aims to determine the ability of nitrogen-fixing bacterial isolates to increase N nutrient use and their effect on the growth and production of sweet corn when applied together with shrimp waste. This study was conducted using a randomized block design (RAK) with a treatment of 20 tons/ha of shrimp waste and chemical fertilizer (50% Urea + 100% SP-36 + 100% KCL) with the addition of nitrogen-fixing bacterial isolates, consisting of 5 treatments and 4 replicates, namely no fertilizer, shrimp waste, and nitrogen-fixing bacteria. Other treatments were control, which was 100% Urea + 100% KCL + 100% SP-36; then isolate BPN1; isolate BPN2; isolate BPN3. The results of the study show that the application of nitrogen-fixing bacteria and shrimp waste technology packages can increase soil organic carbon content, nitrogen nutrient uptake, nitrogen nutrient uptake efficiency, and agronomic efficiency of sweet corn crops on marginal land. In addition, this technology can also reduce urea fertilizer use by up to 50%. This

technology has the potential to be an environmentally friendly solution to support sustainable agriculture on marginal land.

Keywords: *organic matter; nitrogen-fixing bacteria; nitrogen uptake; uptake efficiency.*

I. PENDAHULUAN

Jagung manis banyak dibudidayakan karena memiliki nilai gizi tinggi dan rasa yang manis, sehingga permintaan jagung manis ini terus meningkat sesuai dengan pertambahan jumlah penduduk. Jagung manis menjadi salah satu komoditas yang banyak ditanam oleh petani di Kota Tarakan. Pengembangan jagung manis di Kota Tarakan dilakukan pada tanah marginal yang potensinya besar tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Tanah marginal umumnya memiliki kesuburan rendah dan keterbatasan unsur hara, sehingga menjadi tantangan dalam budidaya tanaman jagung manis. Salah satu unsur hara esensial yang sering terbatas pada tanah marginal adalah nitrogen (N). Unsur nitrogen juga memiliki sifat mudah hilang dari dalam tanah, melalui proses pencucian (*leaching*), denitrifikasi, volatilisasi dan erosi (Azahra *et al.*, 2021). Sebagai komponen utama klorofil, penyusun asam amino, protein dan enzim maka nitrogen berperan penting dalam mendukung proses fisiologis tanaman, sehingga sangat berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Derantika & Nihayati, 2018).

Upaya untuk meningkatkan kesuburan tanah marginal dapat dilakukan dengan pemberian bahan organik dan pemupukan. Bahan organik dapat memperbaiki pH tanah, kapasitas pertukaran kation (KPK), kadar C-Organik dan unsur hara (Putra *et al.*, 2020). Peningkatan KPK menyebabkan hara tidak mudah hilang sehingga serapan hara oleh tanaman meningkat. Yadav *et al.* (2017) menyatakan kehilangan nitrogen menyebabkan serapan hara tersebut kurang optimal. Limbah udang adalah salah satu bahan organik yang dapat memperbaiki tanah marginal, dan potensinya cukup besar di Kota Tarakan sebagai limbah dari proses pembuatan ebi dan pengolahan udang beku. Kandungan karbon organik pada limbah udang menyumbang gugus fungsi seperti karboksil (COOH) dan hidroksil (OH-) yang dapat memberikan pengaruh positif terhadap dinamika nitrogen dalam tanah (Mansyur *et al.*, 2021).

Ketersediaan nitrogen selain dapat ditingkatkan melalui pemberian pupuk anorganik juga dapat dilakukan dengan aplikasi pupuk hayati, yaitu pupuk yang berbahan aktif mikroorganisme yang mampu menambat nitrogen. Bakteri penambat nitrogen memiliki kemampuan menambat N_2 dari udara menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) (Khotimah *et al.*, 2020). Widiyawati *et al.* (2014) membuktikan bahwa aplikasi bakteri penambat nitrogen dapat mengurangi penggunaan pupuk N anorganik sebesar 25%. Pada penelitian ini digunakan isolat rizobakteri indigenous yang memiliki kemampuan menambat nitrogen, tetapi belum diidentifikasi. Walaupun belum teridentifikasi secara spesifik, isolat rizobakteri indigenous memiliki potensi untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mempertinggi efisiensi penggunaan nitrogen. Pemanfaatan isolat mikroorganisme indigenous lebih dianjurkan karena telah beradaptasi dengan kondisi ekologi setempat dibandingkan dengan isolat bukan indigenous (Kartikawati *et al.*, 2017).

Integrasi antara bakteri penambat nitrogen dengan limbah udang berpotensi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen oleh tanaman jagung manis pada tanah marginal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif dalam pengelolaan kesuburan tanah marginal dan meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Percobaan ini dilaksanakan pada Mei hingga September 2024 di Kelurahan Mamburungan, Kecamatan Tarakan Timur, Kota Tarakan. Ordo tanah di lokasi percobaan adalah inceptisol dan Kota Tarakan termasuk daerah dengan curah hujan tinggi.

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *laminar air flow* (LAF), *autoclave*, spektrofotometer, timbangan analitik dan pH meter. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, 3 isolat bakteri penambat nitrogen isolat BPN1, BPN2 dan BPN3, limbah udang, benih jagung manis varietas Bonanza F1, Urea, KCL, SP-36, agar, *nutrien broth* (NB), *aluminium foil*, *plastik wrap*, tisu, alkohol 70%, taube, tusuk gigi, spiritus dan plastik tahan panas.

3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lahan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan masing-masing limbah udang 20 ton/ha, pupuk kimia (50% Urea + 100% SP-36 + 100% KCl), dan isolat bakteri penambat N yang berbeda. Penelitian disusun dalam 5 perlakuan 4 ulangan, yaitu:

P0: Tanpa perlakuan

P1: Pemberian pupuk kimia/kontrol (100% Urea + 100% KCl + 100% SP-36)

P2: Penambahan isolat BPN1

P3: Penambahan isolat BPN2

P4: Penambahan isolat BPN3

4. Pelaksanaan Penelitian

Persiapan lahan dimulai dengan membersihkan lahan dari gulma, selanjutnya dibuat bedengan dengan ukuran 1 m x 2 m. Jarak tanam adalah 50 cm x 50 cm, jarak antar bedengan 50 cm dan jarak antar ulangan 100 cm. Lahan yang digunakan pada percobaan ini belum pernah digunakan untuk budidaya tanaman berupa lahan yang ditumbuhi ilalang. Pengolahan tanah dilakukan pada bedengan sampai gembur dan 2 minggu sebelum tanam diaplikasikan limbah udang dengan takaran 20 ton/ha, kecuali untuk perlakuan P0. Aplikasi formula bakteri penambat nitrogen dilakukan dengan cara menyiram formulasi pada bedengan dengan dosis 10 ml per tanaman.

Aplikasi perlakuan diawali dengan pembuatan ekstrak taube dengan perbandingan taube (g) dengan air (ml) yaitu 1:5. Taube direbus dan dibiarkan mendidih hingga bagian air berkurang 50%. Bakteri penambat nitrogen yang telah dibiakkan pada media *nutrient broth* (NB) kemudian dikulturkan pada media ekstrak taube. Formulasi bakteri tiap perlakuan pada

tiap aplikasi berjumlah minimal 320 ml dengan kepadatan $\pm 1,5 \times 10^8$ CFU/ml yang setara dengan larutan standar *McFarland* 0,5.

Selanjutnya kultur bakteri diinkubasi pada suhu ruang dan diagitasi pada kecepatan 150 rpm selama 48 jam. Pengaplikasian dilakukan sebanyak 6 kali dimulai dari 2 minggu sebelum tanam (setelah pemberian limbah udang) pada bedengan kosong, pada saat tanam, 2 MST (minggu setelah tanam), 4 MST, 6 MST dan 8 MST. Aplikasi pupuk N (Urea) dilakukan sebanyak tiga kali pada 14 HST, 30 HST dan 45 HST dengan dosis sesuai dengan perlakuan. Pupuk P (TSP) dan K (KCl) diaplikasikan pada masing-masing unit percobaan (bedengan) dengan takaran yang sama yaitu 100% rekomendasi pupuk P dan K. Rekomendasi pupuk untuk jagung manis adalah Urea 350 kg/ha, SP-36 150 kg/ha, KCL 150 kg/ha.

Analisis kandungan limbah udang dilakukan untuk parameter pH, C-Organik, dan N total. Analisis tanah dilakukan pada awal penelitian (setelah pembuatan bedengan) dan pada akhir penelitian (saat panen) untuk parameter pH tanah, C-Organik, dan N total. Sementara analisis jaringan tanaman dilakukan pada fase vegetatif maksimum guna memperoleh N-total yang digunakan dalam perhitungan efisiensi serapan hara.

5. Parameter Pengamatan

Parameter tanaman yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, berat kering tanaman, berat tongkol berkelebot, panjang tongkol, diameter tongkol, efisiensi serapan hara Nitrogen dan efisiensi agronomi. Efisiensi serapan hara N dilakukan pada saat fase vegetatif maksimal (muncul daun bendera) dengan Persamaan I (Kirkby, 2001).

$$ESN = \frac{(SP - SK)}{HP} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

ESN adalah Efisiensi serapan hara N, SP adalah serapan hara N pada tanaman yang dipupuk, SK merupakan serapan hara N pada tanaman yang tidak dipupuk, HP adalah kadar hara N pada pupuk yang diberikan.

Sedangkan Efisiensi agronomi (EA) dihitung dengan Persamaan II (Suwanto 2021; Adi & Lubis, 2021):

$$EA = \frac{(Bp - Bk)}{HP} \dots\dots\dots (2)$$

EA adalah efisiensi agronomi, Bp merupakan berat tongkol jagung pada tanaman yang dipupuk, Bk adalah berat tongkol jagung pada tanaman yang tidak dipupuk, dan HP adalah kadar hara N pada pupuk yang diberikan.

6. Analisis Data

Data pertumbuhan vegetatif dan data produksi yang diperoleh di Uji Normalitas terlebih dahulu. Jika data berdistribusi normal dilanjutkan dengan Analisis Varians (ANOVA) dan Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kepercayaan 5%. Untuk data yang tetap tidak berdistribusi normal setelah dilakukan transformasi data, dilakukan analisis statistik non parametrik *Kruskal Wallis* dilanjutkan dengan *All Pairwise*. Analisis data menggunakan program SPSS 26.0.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisis Tanah dan Limbah Udang

Tanah yang digunakan pada percobaan sebelumnya ditumbuhi alang-alang yang mengindikasikan bahwa tanah tersebut sangat masam. Hasil analisis pH tanah pada awal percobaan menunjukkan nilai 3,98 yang tergolong sangat masam, kandungan N total tergolong sedang (0,21%) dan C-Organik sangat rendah (0,81%). Aplikasi limbah udang dan bakteri penambat nitrogen belum dapat menaikkan pH tanah, pada akhir penelitian pH tanah masih tergolong sangat masam, meskipun beberapa perlakuan dapat meningkatkan nilai pH tanah (perlakuan P0, P1 dan P3). Bahan organik dan bakteri penambat nitrogen dapat memengaruhi sifat kimia tanah, tetapi peningkatan pH tanah tidak selalu terjadi karena proses yang terlibat sering menghasilkan efek yang kompleks. Dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dapat menghasilkan unsur hara, penyerapan unsur hara melalui pertukaran ion menyebabkan ion H^+ terakumulasi di dalam tanah, hal ini menyebabkan pH tanah rendah (Rahman *et al.*, 2020). Bakteri penambat nitrogen menghasilkan senyawa amonium (NH_4), yang akan mengalami nitrifikasi menghasilkan nitrat (NO_3) dan melepaskan ion H^+ yang menyebabkan nilai pH rendah (Ginting *et al.*, 2024). Kemungkinan lain yang menyebabkan pH tanah tidak meningkat secara signifikan, diduga karena terjadi kehilangan kation basa seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} melalui pencucian (*leaching*), sehingga bahan organik dan bakteri penambat nitrogen tidak mampu menggantikan kation-kation basa ini. Kota Tarakan memiliki iklim yang sangat basah dengan curah hujan yang signifikan sepanjang tahun, hal ini menyebabkan terjadi pencucian kation basa.

Tabel 1. Hasil Analisis Tanah sebelum dan setelah penelitian

Sampel	pH H O	N-total (%)	C-Organik (%)
Tanah (sebelum penelitian)	3,98 sm	0,21 s	0,81 sr
Limbah udang	8,1	0,15	2,38
Analisis setelah penelitian			
P0: Tanpa perlakuan	4,17 sm	0,22 s	1,04 r
P1: Pemberian pupuk kimia / kontrol	4,09 sm	0,13 r	1,33 r
P2: Penambahan isolat BPN1	3,81 sm	0,19 r	2,00 r
P3: Penambahan isolat BPN2	4,11 sm	0,17 r	1,39 r
P4: Penambahan isolat BPN3	3,89 sm	0,26 s	1,49 r

Keterangan: sangat masam (sm); sangat rendah (sr); rendah (r); sedang (s); tinggi (t) (Balai Penelitian Tanah, 2009)

Tabel 1 juga menunjukkan peningkatan nilai C-Organik pada akhir percobaan dari sangat rendah pada awal percobaan menjadi rendah pada akhir percobaan. Aplikasi limbah udang dan bakteri penambat nitrogen memberikan nilai C-Organik yang lebih tinggi dibandingkan P0 (tanpa perlakuan) dan P1 (kontrol pupuk kimia). Limbah udang merupakan sumber bahan organik dan mengandung C-Organik 2,38% yang akan mempengaruhi C-organik tanah. Karbon organik adalah kandungan karbon dalam bahan organik tanah, yang berarti karbon organik menggambarkan keberadaan bahan organik dalam tanah (Sagiarti *et al.*, 2020). Keberadaan C-Organik dalam tanah akan meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah, sehingga terjadi peningkatan proses dekomposisi, pelarutan P dan fiksasi N (Setiawati *et al.*, 2022). Pada penelitian ini, aplikasi limbah udang dan bakteri penambat nitrogen memberikan N-total tanah pada akhir percobaan lebih tinggi daripada

perlakuan P1 (kontrol pupuk kimia). Anomali terjadi pada perlakuan P0 (tanpa perlakuan) yang menunjukkan N-total lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan pemberian bakteri penambat. Hal ini diduga pada P0 (tanpa perlakuan), N banyak dalam kondisi yang tidak tersedia sehingga N banyak yang tidak diserap oleh tanaman dan terbukti dengan serapan N yang rendah (Tabel 5).

2. Parameter Vegetatif Tanaman Jagung

Hasil uji normalitas data vegetatif menunjukkan data vegetatif (tinggi tanaman, jumlah daun dan panjang daun) berdistribusi normal dan dilanjutkan dengan Analisis Varian (ANOVA) dan uji DMRT. Hasil ANOVA dan uji DMRT parameter vegetatif ditampilkan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Nilai F Hitung Parameter Vegetatif Tanaman Jagung pada Penambahan Isolat Bakteri Penambat N dan Limbah Udang

SK	Tinggi Tanaman	Jumlah Daun	Panjang Daun	F 5%	F1%
Kelompok	0,265	9,171	1,047	3,49	5,953
Perlakuan	37,56**	49,018**	74,123**	3,259	5,412

Keterangan: **menunjukkan berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 2, perlakuan berpengaruh pada semua parameter vegetatif yang diamati. Hasil Uji DMRT (Tabel 3) menunjukkan perlakuan limbah udang dan isolat rizobakteri berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (P0) dan perlakuan pupuk kimia (P1). Aplikasi limbah udang dan bakteri penambat nitrogen dapat mengurangi penggunaan pupuk Urea sampai 50% namun tetap memberikan pertumbuhan vegetatif tanaman jagung manis yang lebih baik. Bakteri penambat nitrogen mampu menambat N₂ dari udara dan mengubahnya menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman, sementara limbah udang mengandung protein 15,60% – 23,90% (Mansyur *et al.*, 2021) yang merupakan sumber nitrogen setelah terjadi dekomposisi. Selain menghasilkan nitrogen dekomposisi limbah udang oleh mikroorganisme juga menghasilkan asam organik yang merupakan sumber muatan dalam tanah yang berperan untuk memegang unsur hara, seperti nitrogen (Arfiati *et al.*, 2024). Dengan demikian unsur nitrogen lebih banyak yang dapat diserap oleh tanaman jagung manis sehingga pertumbuhan vegetatif menjadi lebih baik.

Tabel 3. Hasil Uji DMRT Parameter Vegetatif Tanaman Jagung pada Penambahan Isolat Bakteri Penambat N dan Limbah Udang

Perlakuan	Tinggi Tanaman	Jumlah Daun	Panjang Daun
P0: Tanpa perlakuan	26,59 ± 5,20 a	6,24 ± 0,78 a	18,89 ± 3,17 a
P1: Pupuk kimia / kontrol	39,07 ± 7,29 a	6,13 ± 1,10 a	29,06 ± 4,34 b
P2: Penambahan isolat BPN1	112,45 ± 8,63 b	9,60 ± 0,29 b	75,18 ± 5,52 c
P3: Penambahan isolat BPN2	118,87 ± 14,48 b	9,88 ± 0,84 b	78,90 ± 4,75 c
P4: Penambahan isolat BPN3	108,87 ± 22,90 b	9,57 ± 0,64 b	68,95 ± 11,52 c

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

3. Parameter Produksi Tanaman Jagung

Hasil Uji Normalitas data parameter produksi (berat tongkol dengan kelobot, panjang tongkol dengan kelobot dan diameter tongkol) menunjukkan data tidak berdistribusi normal,

sehingga data dianalisis menggunakan statistik non parametrik Kruskal-Wallis dan Uji Pairwise. Data tidak berdistribusi normal meskipun sudah ditransformasi diduga disebabkan bahwa ada perlakuan yang tidak menghasilkan tongkol jagung yaitu perlakuan P0 (Tanpa perlakuan) dan P1. Perlakuan P0 (Tanpa perlakuan) dan P1 (perlakuan pupuk kimia) yang tidak menghasilkan tongkol disebabkan karena jumlah nutrisi tidak mendukung tanaman untuk mencapai fase produksi. Hal ini sudah terlihat sejak fase vegetatif, dimana pertumbuhan tanaman jagung pada perlakuan P0 (Tanpa perlakuan) dan P1 (perlakuan pupuk kimia) sangat rendah bahkan di beberapa parameter angkanya tidak mencapai 30% pada perlakuan penambahan isolat bakteri penambat N. Hal ini sesuai dengan pendapat Nasrulloh *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman berpengaruh pada produksi. Pertumbuhan yang terjadi pada P0 (Tanpa perlakuan) dan P1 (perlakuan pupuk kimia) karena tanah tetap berada dalam kondisi masam yang berdampak pada terganggunya ketersediaan hara esensial. Kondisi ini diakibatkan karena terjadi pencucian tanah yang berdampak pada hilangnya kation basa seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Hal ini didukung oleh pendapat Santri *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa hilangnya kation pada tanah dapat disebabkan karena adanya pencucian akibat hujan. Lebih lanjut Kasno (2019) menyatakan bahwa tanah masam dapat mengganggu ketersediaan hara di dalam tanah. Hasil Uji Kruskal Wallis untuk berat tongkol, panjang tongkol dan diameter tongkol (Tabel 4) menunjukkan nilai P (P-value) atau nilai Sig. lebih kecil dari 0,05 yang berarti ada pengaruh perlakuan.

Tabel 4. Hasil Uji Kruskal-Wallis Parameter Produksi Tanaman Jagung pada Penambahan Isolat Bakteri Penambat N dan Limbah Udang

Perlakuan	n	Mean Rank		
		Berat Tongkol	Panjang Tongkol	Diameter Tongkol
P0: Tanpa perlakuan	4	4,5	4,50	4,50
P1: Pupuk kimia / kontrol	4	4,5	4,50	4,50
P2: Penambahan isolat BPN1	4	15,5	15,00	14,75
P3: Penambahan isolat BPN2	4	12,5	11,75	14,00
P4: Penambahan isolat BPN3	4	15,5	16,75	14,75
Kruskal Wallis		15,371	16,222	14,685
P Value		0,004	0,003	0,005

Tabel 5. Hasil Uji Pairwise Produksi Tanaman Jagung Penambahan Isolat Bakteri Penambat N dan Limbah Udang

Perlakuan	Berat Tongkol	Panjang Tongkol	Diameter Tongkol
P0: Tanpa perlakuan	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a
P1: Pemberian pupuk kimia	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a
P2: Penambahan isolat BPN1	240,14 ± 42,91 b	25,80 ± 1,72 b	26,23 ± 14,07 b
P3: Penambahan isolat BPN2	222,39 ± 9,11 b	23,80 ± 1,91 ab	28,55 ± 17,27 b
P4: Penambahan isolat BPN3	244,88 ± 45,17 b	26,44 ± 1,13 b	31,27 ± 20,54 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Uji Pairwise untuk mengetahui perbedaan diantara perlakuan. Hasil Uji Pairwise untuk parameter berat tongkol, panjang tongkol dan diameter tongkol (Tabel 5) menunjukkan perlakuan P0 (Tanpa perlakuan) dan P1 (perlakuan pupuk kimia) tidak

berbeda nyata, tetapi kedua perlakuan ini berbeda dengan perlakuan lainnya, kecuali pada diameter tongkol kedua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan P3 (Penambahan isolat BPN2).

Tabel 5 juga menunjukkan bahwa perlakuan yang tidak menggunakan limbah udang dan isolat bakteri penambat nitrogen tidak dapat memberikan produksi, hanya pertumbuhan vegetatif saja.

4. Serapan Hara, Efisiensi Serapan Hara dan Efisiensi Agronomi

Hasil analisis serapan hara nitrogen, efisiensi serapan hara nitrogen dan efisiensi agronomis ditampilkan pada Tabel 6. Serapan hara nitrogen menunjukkan jumlah unsur hara nitrogen yang diserap oleh tanaman. Serapan hara dipengaruhi banyak faktor antara lain ketersediaan nitrogen di tanah, karakteristik tanaman dan kondisi lingkungan. Berdasarkan Tabel 6, perlakuan menggunakan limbah udang, isolat rizobakteri serta 50% nitrogen memberikan nilai serapan hara dan efisiensi serapan hara nitrogen serta efisiensi agronomi yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P0 (Tanpa perlakuan) dan P1 (perlakuan pupuk kimia).

Tabel 6. Serapan Hara, Efisiensi Serapan Hara dan Efisiensi Agronomi

Perlakuan	Serapan N (mg/tanaman)	Efisiensi Serapan N (%)	Efisiensi agronomi g produksi/g N
P0: Tanpa perlakuan	0,709	-	-
P1: Pemberian pupuk kimia	2,450	0,054	0
P2: Penambahan isolat BPN1	51,153	3,133	14,916
P3: Penambahan isolat BPN2	18,610	1,112	13,813
P4: Penambahan isolat BPN3	14,155	0,835	15,210

Penggunaan limbah udang dapat memperbaiki sifat-sifat tanah, karena limbah udang adalah bahan organik. Aplikasi rizobakteri penambat nitrogen dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen di dalam tanah, karena aktivitas rizobakteri yang mampu menambat Nitrogen bebas di udara menjadi bentuk N yang tersedia. Efisiensi serapan hara nitrogen penting untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi dampak lingkungan akibat kehilangan nitrogen. Efisiensi agronomi merupakan indikator kinerja pemupukan yang diukur berdasarkan peningkatan hasil panen per unit nutrisi yang ditambahkan. Konsep ini digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana pemupukan memberikan kontribusi terhadap hasil tanaman secara ekonomis dan ramah lingkungan. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan limbah udang dan isolat rizobakteri dapat meningkatkan efisiensi agronomi dengan jumlah hara yang ditambahkan jauh lebih sedikit dibandingkan kontrol.

IV. KESIMPULAN

Penggunaan paket teknologi bakteri penambat nitrogen dan limbah udang efektif meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen oleh tanaman jagung manis, sekaligus memperbaiki kualitas tanah marginal. Aplikasi paket teknologi bakteri penambat nitrogen dan limbah udang dapat meningkatkan nilai C-Organik tanah, serapan hara nitrogen,

efisiensi serapan hara nitrogen dan efisiensi agronomi tanaman jagung manis pada tanah marginal. Selain itu juga dapat mengurangi penggunaan pupuk Urea sampai 50%. Teknologi kombinasi ini berpotensi menjadi solusi ramah lingkungan untuk mendukung keberlanjutan pertanian di lahan marginal.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Borneo Tarakan atas dukungan dan bantuan dana penelitian melalui Skim Riset Kompetensi Dosen (RKD) dengan Nomor 030/Un5.3/KPT/2024. Bantuan ini sangat berperan dalam kelancaran pelaksanaan penelitian hingga tersusunnya artikel ini. Semoga program pendanaan penelitian ini terus berlanjut dan menjadi pendorong bagi peningkatan kualitas riset di lingkungan Fakultas Pertanian.

VI. REFERENSI

- Adi, D. D., & Lubis, I. (2021). Efisiensi penggunaan nitrogen pada padi gogo varietas IPB 9G. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 49(1), 23–28.
- Arfiati, I. D., Pratiwi, R. K., Alvateha, D., Pi, S., Aisyah, F. D. D., Pi, S., Lailiyah, S., Pi, S., Khofifah, A., & Pi, S. (2024). *Bahan Organik Tambak Udang*. Media Nusa Creative. Malang.
- Azahra, N. R., Mindari, W., & Santoso, S. B. (2021). Mineralisasi nitrogen tanah pada berbagai pengelolaan tanaman kopi (*Coffea L.*) di Kecamatan Tukur-Pasuruan. *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 9(1), 23–35.
- Derantika, C., & Nihayati, E. (2018). Pengaruh pemberian air dan dosis nitrogen terhadap pertumbuhan tanaman Pegagan (*Centella asiatica L. Urb.*). *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 3(2), 78–84.
- Ginting, D. S. N., Anshari, G. Z., & Hayati, R. (2024). Pengaruh bakteri azotobacter dalam menambat nitrogen tersedia dan pertumbuhan tanaman jagung manis (*Zea mays*) pada tanah gambut. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1), 5747–5758.
- Kartikawati, A., Trisilawati, O., & Darwati, I. (2017). Pemanfaatan pupuk hayati (biofertilizer) pada tanaman rempah dan obat. *Jurnal Prespektif*, 16(1), 33–43.
- Kasno, A. (2019). Perbaikan tanah untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemupukan berimbang dan produktivitas lahan kering masam. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(1), 27–40.
- Khotimah, K., Suwastika, A., & Atmaja, I. W. D. (2020). Dinamika amonium dan nitrat pada lahan sawah semi organik untuk tanaman padi lokal dan hibrida di Subak Jatiluwih Kabupaten Tabanan. *Jurnal Agrotrop*, 10(1), 39–48.
- Kirkby, E. A. (2001). *Principles of Plant Nutrition* (Vol. 1). Springer science & Business Media.
- Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murtiaksiono, A. (2021). *Pupuk dan Pemupukan*. Syiah Kuala University Press. Aceh.

- Nasrulloh, N., Mutiarawati, T., & Sutari, W. (2016). Pengaruh penambahan arang sekam dan jumlah cabang produksi terhadap pertumbuhan tanaman, hasil dan kualitas buah tomat kultivar doufu hasil sambung batang pada inceptisol Jatinangor. *Kultivasi*, 15(1).
- Putra, T. K., Afany, M. R., & Widodo, R. A. (2020). Pengaruh bahan organik dan tanah vertisol sebagai pembenah tanah terhadap ketersediaan dan pelindian kalium di tanah regosol pasir pantai. *Jurnal Tanah Dan Air*, 17(1), 20–25.
- Rahman, R., Mahreda, E. S., Basir, B., & Badaruddin, B. (2020). Peran limbah bahan organik pada lubang resapan biopori terhadap sifat kimia tanah di lahan pasca tambang. *EnviroScienteae*, 16(3), 439–445.
- Sagiarti, T., Okalia, D., & Markina, G. (2020). Analisis C-Organik, nitrogen dan C/N tanah pada lahan Agrowisata Beken Jaya di Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 5(1), 11–18.
- Santri, J. A., Maas, A., Utami, S. N. H., & Annisa, W. (2021). Pencucian dan pemupukan tanah sulfat masam untuk perbaikan sifat kimia dan pertumbuhan padi. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 45(2), 95–108.
- Setiawati, M. R., Salsabilla, C., Suryatmana, P., Hindersah, R., & Kamaluddin, N. N. (2022). Pengaruh kompos limbah pertanian terhadap populasi *Azotobacter* sp., C-Organik, N-Total, serapan-N, dan hasil pakcoy pada tanah inceptisol Jatinangor. *Agrikultura*, 33(2), 178–188.
- Widiyawati, I., Junaedi, A., & Widyastuti, R. (2014). Peran bakteri penambat nitrogen untuk mengurangi dosis pupuk nitrogen anorganik pada padi sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 42(2).
- Yadav, M. R., Kumar, R., Parihar, C. M., Yadav, R. K., Jat, S. L., Ram, H., Meena, R. K., Singh, M., Verma, A. P., & Kumar, U. (2017). Strategies for improving nitrogen use efficiency: A review. *Agricultural Reviews*, 38(1), 29–40.