

Aplikasi Pupuk Urea Coating Humat dan Inhibitor Nitrogen Pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Fase Pre Nursery

*Application Of Urea Coated By Humic Acid and Nitrogen Inhibitor On Pre Nursery Phase Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Seedling*

Valdi Muhamad Rafiansyah Siregar, Herdhata Augusta^{1*}, dan Siswanto

Abstrak Nitrogen adalah salah satu unsur hara untuk pertumbuhan tanaman, terutama kelapa sawit. Walaupun demikian, penggunaan pupuk nitrogen dari urea dapat menyebabkan kehilangan hara di tanah akibat dari pencucian, volatilisasi, dan imobilisasi oleh bahan organik tanah, sehingga akan mengurangi serapan hara tanaman. Asam humat dan inhibitor nitrogen adalah salah satu amelioran dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen untuk diserap tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan urea coating asam humat dan nitrogen inhibitor terhadap pertumbuhan, biomassa, dan efisiensi nitrogen bibit kelapa sawit fase *pre nursery*. Penelitian ini dilakukan di rumah kaca Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Bogor. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah jenis pupuk, yaitu a). urea, b) urea + asam humat, c). urea coating humat. Faktor kedua adalah inhibitor nitrogen, terdiri dari a). tanpa inhibitor, b). inhibitor urease, c). inhibitor nitrifikasi, d). inhibitor urease dan nitrifikasi. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa faktor jenis pupuk, yaitu penggunaan urea coating humat meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada bibit kelapa sawit secara keseluruhan, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, luas daun, kandungan klorofil dengan nilai SPAD, panjang akar, volume akar, bobot basah tajuk dan akar, bobot kering akar, dan efisiensi penggunaan pupuk nitrogen, *partial factor productivity*, dan *partial nutrient balance*. Pada faktor inhibitor nitrogen, yaitu penggunaan inhibitor urease,

hanya meningkatkan tinggi tanaman pada umur 4 BST. Kombinasi antara perlakuan urea coating humat dengan inhibitor urease meningkatkan tinggi tanaman umur 4 BST dan bobot kering akar.

Kata Kunci: nitrogen, amelioran, kehilangan nitrogen, pertumbuhan vegetatif, efisiensi

Abstract Nitrogen is one of the essential nutrients for plant growth, especially for oil palm. However, nitrogen fertilizer application from urea would likely result in losses in the soil due to leaching, volatilization, and immobilization by soil organic matter, which can cause nutrient unavailability for plant uptake. Humic acid and nitrogen inhibitors are believed to be two of the ameliorants that can increase nitrogen availability for plant uptake. The research aimed to evaluate the use of urea coated with humic acid and nitrogen inhibitors on the growth, biomass, and nitrogen efficiency of oil palm seedlings in the pre-nursery phase. The experiment was conducted in the Indonesian Oil Palm Research Institute's greenhouse in Bogor. The experimental design was a factorial randomized complete block design with three replications. Factor 1 was the type of fertilizer, consisting of a) urea, b) urea + humic acid, and c) urea coated with humic acid. Factor 2 was the type of nitrogen inhibitor, consisting of a) without inhibitors, b) urease inhibitor, c) nitrification inhibitor, and d) urease and nitrification inhibitor. The results showed that in the type of fertilizer factor, urea coated with humic acid increased plant height, number of leaves, stem diameter, leaf area, chlorophyll content by SPAD value, root length, root volume, fresh weight of shoot and root, root dry weight, nitrogen utilization efficiency by fertilizer, *partial factor productivity*, and *partial nutrient balance*. In the type of nitrogen inhibitors factor, urease inhibitor only increased plant height at 4 months after

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Herdhata Augusta^{1*} (✉)

^{1*}Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
Email: agusta@apps.ipb.ac.id

planting. The combination of urea coated with humic acid and urease inhibitors increased plant height at 4 months after planting and root dry weight.

Keywords: *nitrogen, ameliorant, nitrogen losses, vegetative growth, efficiency*

PENDAHULUAN

Unsur nitrogen (N) merupakan hara esensial makro penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen memiliki peran penting dalam pembentukan protein, klorofil, asam nukleat, dan metabolit sekunder (Hawkesford *et al.*, 2012). Umumnya unsur nitrogen terbatas di dalam tanah, sehingga diperlukan penambahan unsur N dari pemupukan, tetapi pemupukan N tidak akan menyediakan hara 100% ke tanaman karena adanya pencucian hara, emisi, dan volatilisasi. Kegiatan pertanian menyumbang 90% volatilisasi amoniak (NH_3) dan 70% emisi N_2O yang salah satunya didominasi dari pemupukan N (Zaman *et al.*, 2009).

Urea merupakan salah satu pupuk yang mengandung 46% N dan mendominasi pemakaiannya oleh petani, tetapi bersifat mudah terlarut, mudah terhidrolisis, dan mudah kehilangan hara. Pemupukan dengan urea hanya akan diserap oleh tanaman sebesar 40-50%, karena sebagian unsur N akan hilang dipakai oleh mikroorganisme menjadi N yang bersifat immobile dan N juga akan tercuci dalam bentuk nitrat (NO_3^-), ter volatil dalam bentuk gas berupa NH_3 atau amoniak, serta dalam bentuk N_2 atau N_2O akibat denitrifikasi. Umumnya N hanya dapat diserap oleh tanaman sekitar 40-50% dan 25% akan terimobilisasi, serta 25% akan hilang dari pencucian dan volatilisasi (Cameron *et al.*, 2013).

Salah satu cara untuk mengurangi kehilangan N adalah dengan aplikasi pemupukan yang berbasis *enhanced efficiency fertilizers* (EEF) yang merupakan formulasi pupuk yang dapat mengontrol pelepasan hara atau menghambat reaksi kimia penyebab kehilangan hara. Pupuk nitrogen EEF umumnya dapat diformulasikan secara *coating* atau pembungkusan dengan bahan-bahan polimer, bahan mineral anorganik, belerang, inhibitor, dan bahan-bahan organik (Beig *et al.*, 2020). Pupuk yang dibungkus atau disalut dengan bahan-bahan tersebut (*coating agent*) dapat berubah menjadi lebih efisien terhadap penggunaannya oleh tanaman karena adanya

perlindungan fisik dari pupuk tersebut atau *coating agent* yang bersifat dapat mengubah reaksi kimia yang berkontribusi dalam kehilangan nitrogen (Al-Zahrani, 1999).

Pupuk urea dapat disalut oleh bahan-bahan *coating* agar menjadi pupuk yang bersifat efisien. Beberapa produk dan penelitian sudah menerapkan pembungkusan urea dengan bahan *coating*, yaitu dengan sulfur, polimer, zeolit, minyak neem, asam humat, dan urease/nitrifikasi inhibitor (Trenkel, 1997). Asam humat merupakan salah satu senyawa organik penyusun humus. Senyawa ini terdapat di sungai, tanah, dan rawa serta berasal dari bahan-bahan residu tanaman dan hewan, peat, kompos, kotoran ternak, leonardit, dan lignit (Bleam 2016). Asam humat merupakan zat polimer organik yang memiliki gugus aktif dengan berat molekul 1.000 g mol⁻¹ (Weil dan Brady 2017). Asam humat mengandung gugus -COOH, -OH Fenolik, -OH Alkoholik, Quinonoid C=O, dan Ketonic C=O (Schnitzer 2005). Asam humat memiliki kemampuan sebagai pembenah tanah karena dapat menstimulasi pertumbuhan mikroorganisme tanah, menyediakan hara pada tanaman, meningkatkan efisiensi penyerapan hara, dan dapat memperbaiki struktur tanah. Asam humat dapat digunakan sebagai bahan *coating* pada urea. Penggunaan urea yang dilapisi asam humat dapat meminimalisir kehilangan N karena diduga bahan asam humat dapat meningkatkan KTK, sehingga NH_4^+ yang berasal dari urea dapat dijerap oleh asam humat, dan akan dilepas saat tanaman membutuhkannya. Pada beberapa penelitian disimpulkan bahwa asam humat yang dicampur dengan urea dapat meningkatkan pembentukan NH_4^+ yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembentukan gas NH_3 (Reeza *et al.*, 2009), sehingga volatilisasi amoniak dapat berkurang.

Selain melakukan *coating*, peningkatan efisiensi pemupukan N juga dapat dilakukan dengan penambahan inhibitor. Terdapat dua jenis inhibitor N, yaitu inhibitor nitrifikasi dan inhibitor urease. Inhibitor urease merupakan senyawa yang dapat memperlambat proses urea berubah menjadi amonium atau amoniak, sedangkan inhibitor nitrifikasi dapat memperlambat proses perubahan amonium menjadi nitrit dan nitrat (Weil & Brady, 2017). Salah satu penelitian Riyadi *et al.* (2020), menunjukkan bahwa penggunaan inhibitor urease dapat menekan kehilangan N sebesar 35-40% dibandingkan dengan

penggunaan urea saja. Begitu pula dengan inhibitor nitrifikasi yang mampu menekan kehilangan N sebesar 2-100% dibandingkan dengan penggunaan pupuk ZA.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang dibudidayakan di Indonesia. Luas lahan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2020 adalah 14.586.597 ha dengan produksi sebesar 45.741.845 ton (Direktorat Jendral Perkebunan, 2021). Luas areal selama 4 tahun terakhir (2017-2020) bertambah sebesar 17,8%. Pada tahun 2021, diperkirakan akan terjadi kenaikan sebesar 14,62 juta ha atau sekitar 0,21% dari tahun 2020 (BPS, 2022). Budidaya kelapa sawit terbagi menjadi tiga fase, yaitu a). pembibitan, b). tanaman belum menghasilkan, c). tanaman menghasilkan. Pada fase pembibitan kelapa sawit terbagi menjadi dua fase, yaitu *pre nursery* dan *main nursery* (Corley & Tinker, 2016). Umumnya pembibitan memerlukan pemupukan, terutama pupuk nitrogen, fosfor, dan kalium. Pada fase *pre nursery*, umumnya menggunakan penyemprotan urea 0,1-0,2% yang dicairkan, atau pupuk majemuk dengan kepekatan 0.15-0.3 g/L atau dengan pupuk padat NPK 2.5 g/polibag (Lubis, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh aplikasi pupuk urea *coating* humat dan jenis inhibitor nitrogen terhadap pertumbuhan dan efisiensi penggunaan nitrogen bibit kelapa sawit fase *pre nursery*.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Kegiatan penelitian dengan bibit kelapa sawit *pre nursery* dilaksanakan di rumah kaca Laboratorium Biokimia, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Bogor. Penelitian ini dimulai dari bulan Mei hingga September 2023.

Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial. Faktor pertama adalah jenis pupuk yang terdiri dari tiga taraf, yaitu **P0**: urea, **P1**: urea + humat, **P2**: urea coating humat. Faktor kedua adalah jenis inhibitor N yang terdiri dari empat taraf, yaitu **N0**: tanpa inhibitor, **N1**: inhibitor urease ((n-butyl) thiophosphoric triamide [NBPT]), **N2**: inhibitor nitrifikasi (3, 4-dimethylpyrazole phosphate [DMPP]), **N3**:

inhibitor urease (NBPT) + inhibitor nitrifikasi (DMPP). Percobaan ini terdiri dari tiga ulangan, sehingga terdapat 36 satuan percobaan. Satu satuan percobaan terdiri dari 9-10 tanaman.

Persiapan bahan formulasi perlakuan

Pembuatan formulasi urea *coating* humat (P2), menggunakan granulator. Urea dan asam humat dihaluskan hingga lolos 100 mesh. Perekat yang digunakan adalah tepung tapioka, dengan campuran tapioka dan air biasa (1:1) lalu dimasukkan ke 800 mL air mendidih hingga larutan tapioka menjadi seperti jeli. Urea 100 mesh 900 g dimasukkan ke dalam granulator dan ditambah larutan tapioka sebanyak 3% atau 30 mL. Setelah larutan tapioka merata, maka asam humat padat 100 mesh sebanyak 10% atau 100 g ditambahkan agar dapat melapisi urea tersebut. Setelah bahan urea coating humat jadi, bahan jadi dijemur selama 24 jam di dalam rumah kaca (sinar matahari tidak langsung) agar pupuk kering dan mengeras.

Persiapan pupuk pada perlakuan P1 dilakukan dengan pencampuran urea 900 g dengan asam humat 10% atau 100 g. Penggunaan inhibitor masing-masing sebanyak 1% atau 10 g dari 1000 g pupuk N masing-masing. Inhibitor urease yang digunakan adalah NBPT (N- N-(n-Butyl) Thiophosphoric Triamide) dan inhibitor nitrifikasi yang digunakan adalah DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) Semua formulasi perlakuan terdapat pada Gambar 1.

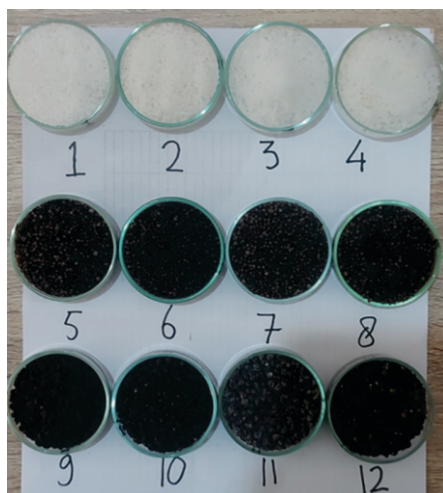
Uji pupuk pada bibit kelapa sawit

Bahan tanam kelapa sawit yang digunakan untuk pembibitan fase *pre nursery* adalah kecambah varietas DxP Simalungun. Media tanam yang digunakan adalah campuran *top soil*, arang sekam, dan pupuk kompos dengan perbandingan 1:1:1. Pemupukan dilakukan saat tanaman berumur 4 minggu setelah tanam, atau sesudah tumbuh daun sempurna. Pupuk N diaplikasikan sesuai perlakuan sebesar 0,35 g/polibag setiap minggu hingga umur 15 minggu setelah tanam (MST). Pemanenan dilakukan saat berumur 4 bulan setelah tanam (BST). Penyiraman dilakukan setiap hari.

Pengamatan dilakukan pada umur 2 dan 3 BST. Pertumbuhan yang diamati adalah tinggi tanaman,

jumlah daun, dan diameter batang. Pengamatan kehijauan daun menggunakan SPAD 502 *chlorophyll meter* dan luas daun secara destruktif diukur pada

umur 4 BST sebelum panen. Diameter batang diamati menggunakan jangka sorong digital, pengamatan luas daun menggunakan ImageJ.



Gambar 1. Formulasi pupuk nitrogen setiap perlakuan. 1) urea (**P0-N0**); 2) urea + NBPT (**P0-N1**); 3) urea + DMPP (**P0-N2**), 4) urea + NBPT + DMPP (**P0-N3**), 5) urea + humat (**P1-N0**), 6) urea + humat + NBPT (**P1-N1**); 7) urea + humat + DMPP (**P1-N2**); 8) urea + humat + NBPT + DMPP (**P1-N3**); 9) urea coating humat (**P2-N0**); 10) urea coating humat + NBPT (**P2-N1**); 11) urea coating humat + DMPP (**P2-N2**); urea coating humat + NBPT + DMPP (**P2-N3**).

Figure 1. Nitrogen fertilizer formulation for each treatments. 1) 1) urea (**P0-N0**); 2) urea + NBPT (**P0-N1**); 3) urea + DMPP (**P0-N2**), 4) urea + NBPT + DMPP (**P0-N3**), 5) urea + humic acid (**P1-N0**), 6) urea + humic acid + NBPT (**P1-N1**); 7) urea + humic acid + DMPP (**P1-N2**); 8) urea + humic acid + NBPT + DMPP (**P1-N3**); 9) humic coated urea (**P2-N0**); 10) humic coated urea + NBPT (**P2-N1**); 11) humic coated urea + DMPP (**P2-N2**); humic coated urea + NBPT + DMPP (**P2-N3**).

Pengamatan panen dilakukan saat tanaman berumur 4 BST. Pengamatan yang dilakukan adalah tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, volume akar, bobot basah tajuk dan akar, serta bobot kering tajuk dan akar. Volume akar diukur sesuai dengan metode yang diterapkan oleh Sattelmacher (1986) yang menggunakan cawan yang diisi air dan akar dimasukkan ke dalam cawan tersebut, lalu volume pertambahan air dijadikan sebagai volume akar. Pengeringan tajuk dan akar menggunakan oven 60°C selama 2 hari hingga kering.

Pengamatan N dilakukan dengan metode Kjeldahl pada akar dan tajuk tanaman. Serapan hara N juga dihitung dengan perkalian antara kandungan N dan bobot kering tanaman. Formulasi efisiensi penggunaan N yang dihitung ada enam metode, yaitu a). *nitrogen use efficiency* dari pupuk/NUEF (Hawkesford 2011), b).

partial factor productivity/PFP, c). *partial nutrient balance*/PNB, dan d). *internal utilization efficiency*/IUE (Fixen et al., 2015). Persamaan dari serapan hara dan efisiensi penggunaan nitrogen (2) – (5) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Serapan hara N} &= (\%NT \times \text{BKT}) + (\%NA \times \text{BKA}) \dots\dots\dots(1) \\ \text{NUEF} &= (\text{Np}/\text{Nf}) \times 100 \dots\dots\dots(2) \\ \text{PFP} &= [(\text{BKT} + \text{BKA}) / \text{Nf}] \dots\dots\dots(3) \\ \text{PNB} &= (\text{Np}/\text{Nf}) \dots\dots\dots(4) \\ \text{IUE} &= \text{Np}/(\text{BKT} + \text{BKA}) \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

Keterangan: %NT = kandungan nitrogen tajuk (%); %NA = kandungan nitrogen akar (%); BKT = bobot kering tajuk (gram); BKA = bobot kering akar (gram); Np = serapan hara nitrogen (gram tanaman⁻¹); Nf = jumlah pupuk nitrogen yang diaplikasikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Nitrogen Pupuk

Hasil analisis pupuk dipaparkan pada Tabel 1. Kandungan N pada pupuk urea berdasarkan analisis N di laboratorium adalah 45,95%. Kandungan N pada asam humat adalah 1,07% karena adanya

pencampuran saat diekstraksi dengan limbah cair NPK dari pabrik pupuk yang menggantikan air. Nitrogen pada limbah cair NPK yang digunakan saat ekstraksi humat 107,32 ppm. Kandungan N pada urea coating asam humat PSNC 10% adalah 37,53%, yang lebih kecil daripada pupuk urea akibat urea yang diambil merupakan urea curahan.

Tabel 1. Kandungan nitrogen pada pupuk nitrogen.

Table 1. Nitrogen contents of nitrogen fertilizer

Pupuk (Fertilizer)	% Nitrogen
Urea (%N)	45,95
Asam humat PSNC (%N)	1,07
Urea coating humat 10% (%N)	37,53

Urea yang disalut memungkinkan adanya perlindungan fisik pada urea, sehingga tidak mudah menguap dan higroskopis (Faria *et al.*, 2014). Asam humat dengan kandungan N yang tinggi (>1%) dikarenakan adanya pemanfaatan limbah pupuk cair NPK dari pabrik pupuk, yang pada umumnya limbah-limbah tersebut akan dibuang ke laut (Azalia & Hendrasarie, 2022). Umumnya, limbah pupuk NPK cair mengandung nitrogen 0,04-1,57 ppm, P₂O₅ 5-64 ppm, dan K₂O 18-55 ppm (Uba & Ekundayo, 1995).

Pertumbuhan Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, dan Diameter Batang

Data tinggi tanaman dipaparkan pada Tabel 2. Perlakuan jenis pupuk, jenis inhibitor N, dan interaksi antar dua faktor tidak memiliki perbedaan hasil yang nyata terhadap rata-rata tinggi tanaman kelapa sawit umur 2 dan 3 BST. Perbedaan hasil ditunjukkan pada tinggi tanaman bibit kelapa sawit umur 4 BST pada kedua faktor dan interaksi antar keduanya. Pada faktor jenis pupuk, perlakuan yang menggunakan asam humat, yaitu P1 dan P2 menghasilkan rata-rata tinggi tanaman sebesar 29,24 dan 30,65 cm. Penggunaan asam humat cair sebesar 30 mL pada percobaan dengan kelapa sawit TBM memiliki tinggi tanaman terbesar selama 1-3 bulan setelah pemupukan (Ariyanti *et al.*, 2019).

Pada faktor jenis inhibitor N, perlakuan dengan inhibitor urease menghasilkan rata-rata

tinggi tanaman yang tertinggi, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan campuran kedua inhibitor (N3). Penggunaan inhibitor urease meningkatkan tinggi tanaman mencapai 31,02 cm pada umur 4 BST. Perlakuan N2 dan N3 tergolong lebih rendah diduga adanya penggunaan inhibitor nitrifikasi (DCD) tidak dapat menekan kehilangan nitrogen dalam bentuk gas NH₃ yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan inhibitor urease (NBPT), sehingga adanya kehilangan nitrogen dari tanah yang dapat mengurangi penyerapan hara nitrogen ke dalam tanaman (Soares *et al.*, 2012). Adanya penggunaan NBPT dapat meningkatkan tinggi tanaman, penambahan DMPP tidak dapat meningkatkan tinggi tanaman yang lebih besar dibandingkan NBPT saja karena adanya kemungkinan hara NH₄⁺ yang lebih lambat terlepas akibat dari kemampuan DMPP tersebut dan asam humat (*double nitrifikasi inhibitor*).

Pada variabel tinggi tanaman, terdapat interaksi yang berbeda nyata antara faktor jenis pupuk dan inhibitor N terhadap rata-rata tinggi tanaman umur 4 BST (Tabel 3). Perlakuan P2-N1, yaitu penggunaan urea coating humat dengan inhibitor urease menghasilkan tinggi tanaman sebesar 33,64 cm yang meningkat 28,94% dibandingkan perlakuan urea tanpa inhibitor (P0-N0) dimana menghasilkan tinggi tanaman yang paling rendah, walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan P0-N3 dan P1-N0. Menurut

penelitian Viero *et al* (2015), penggunaan urea *slow release* tanpa inhibitor tidak dapat menekan kehilangan N dalam bentuk NH₃, sehingga N di dalam tanah akan berkurang untuk diserap oleh tanaman yang memungkinkan pertumbuhan vegetatif tidak meningkat secara cepat.

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman bibit umur 2, 3, dan 4 bulan setelah tanam (BST) setiap perlakuan (cm)
Table 2. Mean of plant height at 2, 3, and 4 month after planting (MAP) of seedlings in each treatment (cm)

Perlakuan (Treatment)	Tinggi tanaman (Plant Height)		
	2 BST (MAP)	3 BST (MAP)	4 BST (MAP)
Jenis pupuk (Type of fertilizer)			
P0	22,06	24,34	28,20 b
P1	22,04	24,19	29,24 a
P2	22,17	24,83	30,65 a
Jenis Inhibitor Nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)			
N0	21,78	23,64	28,26 b
N1	22,69	25,29	31,02 a
N2	22,20	24,29	28,54 b
N3	21,70	24,59	29,67ab
Interaksi (Interaction)	tn	tn	*

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata; * = berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humat; P2: Urea coating humat; N0: tanpa inhibitor; N1: inhibitor urease; N2: inhibitor nitrifikasi; N3: inhibitor urease+inhibitor nitrifikasi.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences, * = indicated significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Tabel 3. Interaksi faktor jenis pupuk dan jenis inhibitor nitrogen terhadap rata-rata tinggi tanaman bibit pada umur 4 BST (cm)

Table 3. Interaction between type of fertilizer factor and type of inhibitor nitrogen on means of plant height at 4 MAP seedlings (cm)

Jenis Pupuk (Type of fertilizer)	Jenis inhibitor nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)			
	N0	N1	N2	N3
P0	26,09 e	29,79 bcd	29,36 bcd	27,64 cde
P1	27,97 bcde	29,61 bcd	29,01 bcd	30,38 bcd
P2	30,72 b	33,64 a	27,25 de	30,98 b

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humat; P2: Urea coating humat; N0: tanpa inhibitor; N1: inhibitor urease; N2: inhibitor nitrifikasi; N3: inhibitor urease+inhibitor nitrifikasi.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Tabel 4. Rata-rata jumlah daun bibit umur 2, 3, dan 4 bulan setelah tanam (BST) setiap perlakuan
 Table 4. Mean of number of leaves at 2, 3, and 4 month after planting (MAP) of seedlings in each treatment

Perlakuan (Treatment)	Jumlah daun (Number of leaves)		
	2 BST (MAP)	3 BST (MAP)	4 BST (MAP)
Jenis pupuk (Type of fertilizer)			
P0	3,41	3,93 b	4,39 b
P1	3,32	4,16 a	4,75 a
P2	3,46	4,30 a	4,93 a
Jenis Inhibitor Nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)			
N0	3,30	4,00	4,57
N1	3,43	4,19	4,79
N2	3,46	4,20	4,71
N3	3,40	4,14	4,68
Interaksi (Interaction)	tn	tn	tn

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences, tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Rata-rata pada variabel jumlah daun di Tabel 4, hanya jenis pupuk yang memiliki perbedaan hasil yang nyata terhadap jumlah daun kelapa sawit *pre nursery* pada umur 3 dan 4 BST. Perlakuan urea *coating* humat (P2) dan urea + humat (P1) menghasilkan jumlah daun terbanyak dibandingkan dengan perlakuan urea (P0). Pada penelitian yang dilakukan oleh Wulandari *et al.* (2019), penggunaan asam humat 15% dapat menghasilkan jumlah daun tanaman jagung yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan NPK saja. Asam humat dapat mempertahankan N di dalam tanah, sehingga tetap tersedia di dalam tanah (Kong *et al.*, 2022). Dengan adanya ketersediaan nitrogen yang banyak, maka dapat diserap tanaman untuk membentuk daun-daun baru (Fathi, 2022).

Dalam Tabel 5, Pada umur 3 BST, terdapat perbedaan hasil yang nyata pada diameter batang bibit kelapa sawit *pre nursery*, dimana perlakuan P2 menghasilkan rata-rata diameter batang tertinggi sebesar 5,59 mm, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan urea + humat (P1) dengan rata-rata sebesar 5,33 mm. Menurut penelitian Adileksana *et al.* (2020),

diameter batang akan berkurang pada bibit sawit *pre-nursery* yang diberi perlakuan pupuk NPK dengan dosis lebih dari 25% atau 4,5 gram. Adanya asam humat dapat mempertahankan nitrogen di dalam tanah, terutama ion NH_4^+ , karena kapasitas tukar kation di tanah dapat meningkat (Harada & Inoko, 2012), sehingga N yang diserap tanaman tidak berlebihan dan tidak mengurangi diameter batang.

Luas Daun, Kehijauan Daun, Panjang Akar, dan Volume Akar

Pada Tabel 6, Terdapat hasil rata-rata luas daun yang berbeda nyata pada faktor jenis pupuk. Luas daun tertinggi terdapat pada perlakuan P2 dengan luas 71,56 cm^2 . Asam humat mempengaruhi luas daun pada tanaman, karena dipengaruhi oleh faktor N. Nitrogen dapat meningkatkan luas daun dikarenakan adanya peran dalam proses fotosintesis dan perbesaran sel pada tanaman (Fathi, 2022; Muhammad *et al.*, 2022). Faktor jenis pupuk memiliki hasil yang berbeda nyata terhadap rata-rata nilai

Tabel 5. Rata-rata diameter batang bibit umur 2, 3, dan 4 bulan setelah tanam (BST) setiap perlakuan (mm)
 Table 5. Mean of stem diameter at 2, 3, and 4 month after planting (MAP) of seedlings in each treatment (mm)

Perlakuan (Treatment)	Diameter batang (Stem diameter)	
	2 BST (MAP)	3 BST (MAP)
Jenis pupuk (Type of fertilizer)		
P0	4,62	5,11 b
P1	4,71	5,33 ab
P2	4,92	5,59 a
Jenis Inhibitor Nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)		
N0	4,70	5,27
N1	4,77	5,36
N2	4,85	5,49
N3	4,69	5,26
Interaksi (Interaction)	tn	tn

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences, tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Tabel 6. Rata-rata luas daun (cm²), nilai SPAD, panjang akar (cm), dan volume akar (cm³) pada bibit setiap perlakuan

Table 6. Mean of leaf area (cm²), SPAD value, root length (cm), and root volume (cm³) of seedlings in each treatment

Perlakuan (Treatment)	Luas daun (Leaf area)	Nilai SPAD (SPAD value)	Panjang akar (Root Length)	Volume akar (Root volume)
Jenis pupuk (Type of fertilizer)				
P0	41,33 c	52,35 b	17,00 b	1,31 c
P1	56,51 b	55,86 a	17,30 b	1,85 b
P2	71,56 a	56,81 a	19,08 a	2,37 a
Jenis Inhibitor Nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)				
N0	55,13	53,16	17,79	1,73
N1	54,66	55,09	18,49	2,01
N2	59,38	56,10	17,74	1,58
N3	56,70	55,68	17,15	2,06
Interaksi (Interaction)	tn	tn	tn	tn

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

SPAD daun. Perlakuan P2 dan P1 memiliki nilai yang tertinggi. Menurut penelitian Liu *et al.* (2014), penambahan bahan organik dan pupuk N dalam bentuk NH_4^+ meningkatkan nilai SPAD pada tanaman selada. Terdapat korelasi antara nilai SPAD dengan kandungan klorofil pada tanaman perkebunan, yaitu karet (Cahyo *et al.*, 2020). Menurut Sudradjat *et al.* (2014), pemupukan N mempengaruhi kandungan klorofil bibit kelapa sawit umur 5 bulan setelah tanam.

Pada variabel panjang akar (Tabel 6), hanya faktor jenis pupuk memiliki hasil rata-rata panjang akar yang berbeda nyata. Perlakuan urea coating humat (P2), menghasilkan akar yang lebih panjang dengan rata-rata sebesar 19,08 cm. Asam humat dapat meningkatkan panjang akar, karena adanya peningkatan aktivitas H^+ ATPase di zona perakaran dan memiliki sifat seperti auksin yang dapat meningkatkan pemanjangan jaringan meristem apikal akar (Gawlik *et al.*, 2014). Pada penelitian Lindsey *et al.* (2020), aplikasi pupuk urea yang dilapisi humat menunjukkan peningkatan panjang akar sebesar 19-44% dibandingkan dengan pupuk urea saja. Terdapat perbedaan hasil yang nyata pada rata-rata volume akar pada faktor jenis pupuk. Perlakuan P2 menghasilkan rata-rata volume akar tertinggi sebesar 2,37 cm^3 . Adanya volume akar yang lebih besar menunjukkan sistem perakaran yang lebih lebat dan mampu menyerap hara dan air di daerah yang lebih luas. Penggunaan bahan organik berupa kotoran sapi dan pupuk N (urea dan NPK) dapat meningkatkan volume akar pada tanaman kelapa sawit *pre nursery* (Setyawan *et al.*, 2020). Adanya volume akar yang lebih besar menunjukkan sistem perakaran yang lebih lebat dan mampu menyerap hara dan air di daerah yang lebih luas. Asam humat menunjukkan volume akar yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa asam humat pada bibit kelapa sawit (Hamzah *et al.*, 2015).

Bobot Tajuk dan Akar

Bobot basah tajuk dan akar diukur pada umur 4 BST. Pada Tabel 7, data rata-rata bobot basah dan kering tajuk dan akar dipaparkan. Hanya faktor jenis pupuk yang memiliki perbedaan hasil yang sangat nyata pada rata-rata bobot basah tajuk. Perlakuan dengan humat yaitu P1 dan P2 memiliki hasil rata-rata bobot basah tajuk yang tinggi secara statistik dengan nilai masing-masing 8,26 dan 7,53 g. Pada perlakuan dengan pupuk urea (P0), hasil rata-rata bobot basah bobot kering tajuk, tidak ada perbedaan hasil yang nyata pada kedua faktor dan interaksi antar keduanya. Asam humat dapat meningkatkan bobot basah tajuk pada kelapa sawit *pre nursery*, yang dapat menunjukkan asam humat yang dapat meningkatkan kapasitas lapang di dalam tanah (Cihlář *et al.*, 2014), sehingga air dapat meningkat dan mudah diserap oleh tanaman. Kandungan air tanaman saat pemberian asam humat dapat meningkat sebesar 14,3-19,0% dibandingkan dengan kontrol (Mahdi *et al.*, 2021). Pada penelitian ini penggunaan urea coating humat meningkatkan 35,63% bobot basah tajuk dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Pada variabel bobot basah akar. Faktor jenis pupuk memiliki hasil yang berbeda nyata antar ketiga perlakuan. Perlakuan urea coating humat (P2), menghasilkan rata-rata bobot basah akar sebesar 2,86 g, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan urea + humat (P1) dengan rata-rata bobot sebesar 2,47 g. Bobot basah akar terendah terdapat pada perlakuan urea, yaitu sebesar 2,19 g. Pada faktor jenis inhibitor N, tidak ada hasil yang berbeda nyata antar keempat perlakuan. Interaksi antar kedua faktor jenis pupuk dan jenis inhibitor N juga tidak berbeda nyata. Rata-rata bobot kering akar pada kelapa sawit *pre nursery* memiliki hasil yang berbeda sangat nyata pada faktor jenis pupuk. Perlakuan urea coating humat (P2), menghasilkan rata-rata bobot kering akar sebesar 0,35

g lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P1 dan P0 dengan bobot masing-masing sebesar 0,30 dan 0,27 g. Tidak ada perbedaan yang nyata pada faktor jenis inhibitor nitrogen. Asam humat memiliki peran penting dalam stimulasi perakaran terutama peningkatan jumlah akar lateral, sehingga bobot akar dapat meningkat (De Hita *et al.* 2020). Asam humat

dapat meningkatkan arsitektur akar dengan peningkatan pada ukuran akar dan rambut-rambut akar akibat dari stimulasi pada aktivitas H⁺ ATPase di membran sel (Canellas & Olivares 2014). Pada penelitian Büyükkeskin *et al.* (2015), asam humat dengan konsentrasi 10 mL L⁻¹ dapat meningkatkan bobot basah akar sebesar 24-35%.

Tabel 7. Rata-rata bobot basah & kering tajuk, serta bobot basah & kering akar pada bibit setiap perlakuan (g)
Table 7. Mean of wet & dry shoot weight and fresh & dry root weight of seedlings in each treatment (g)

Perlakuan (Treatment)	Bobot tajuk (Shoot weight)		Bobot akar (Root weight)	
	Basah (Fresh)	Kering (Dry)	Basah (Fresh)	Kering (Dry)
Jenis pupuk (Type of fertilizer)				
P0	6,09 b	1,83	2,19 b	0,27 b
P1	7,53 a	1,99	2,47 ab	0,30 b
P2	8,26 a	2,15	2,86 a	0,35 a
Jenis Inhibitor Nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)				
N0	6,91	1,78	2,27	0,30
N1	7,42	2,20	2,60	0,33
N2	7,47	2,02	2,53	0,32
N3	7,37	1,97	2,62	0,29
Interaksi (Interaction)	tn	tn	tn	*

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata; * = berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences, * = indicated significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Adanya interaksi antara kedua faktor perlakuan antara faktor jenis pupuk dan jenis inhibitor N pada rata-rata bobot kering akar yang dipaparkan pada Tabel 8. Perlakuan dengan rata-rata terbesar terdapat pada urea coating humat dengan inhibitor urease (P2-N1) dengan bobot sebesar 0,43 g, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan urea coating humat tanpa inhibitor (P2-N0). Rata-rata bobot kering akar terendah terdapat pada perlakuan P0-N0 dan P0-N3. Perlakuan P2-N1 meningkatkan hasil sebesar 79,17% dibandingkan

dengan perlakuan P0-N0. Pada penelitian Zanin *et al.* (2019), umumnya penggunaan NBPT mengurangi bobot akar, diakibatkan dari pembentukan amonium yang lebih lambat sehingga konsentrasinya lebih sedikit dibandingkan dengan urea, sehingga asupan nitrogen tidak dapat diserap oleh akar. Walaupun demikian, adanya humat yang melapisi urea, dapat meningkatkan perakaran pada tanaman, dengan hasil yang tidak berbeda nyata dengan tambahan inhibitor urease.

Tabel 8. Interaksi faktor jenis pupuk dan jenis inhibitor nitrogen terhadap rata-rata bobot kering akar bibit (g)
 Table 8. Interaction between type of fertilizer factor and type of inhibitor nitrogen on means of dry root weight seedlings (g)

Jenis Pupuk (Type of fertilizer)	Jenis inhibitor nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)			
	N0	N1	N2	N3
P0	0,24 c	0,28 bc	0,32 bc	0,25 c
P1	0,30 bc	0,27 bc	0,32 bc	0,32 bc
P2	0,37 ab	0,43 a	0,32 bc	0,29 bc

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Kandungan Nitrogen dan Serapan Hara Nitrogen

Kandungan hara N diamati dengan menganalisis pada tajuk dan akar kelapa sawit *pre nursery*. Pada Tabel 9, dipaparkan hasil rata-rata dari kandungan nitrogen tajuk dan akar, serta serapan hara nitrogen pada kelapa sawit *pre nursery*. Kedua faktor dan interaksi antar keduanya tidak memiliki perbedaan yang nyata terhadap hasil rata-rata kandungan nitrogen pada tajuk. Pada variabel kandungan nitrogen akar, terdapat hasil yang berbeda nyata pada faktor jenis pupuk. Perlakuan urea (P0) dan urea + humat (P1) memiliki hasil rata-rata kandungan nitrogen yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan urea *coating* humat (P2). Pada faktor perlakuan jenis inhibitor N dan interaksi antar kedua faktor tidak memiliki perbedaan yang nyata terhadap hasil rata-rata kandungan nitrogen akar. Penelitian Suntari et al. (2015) menggunakan tanaman padi dengan perlakuan urea dan urea-humat tidak memiliki perbedaan yang signifikan antar perlakuan, tetapi terdapat hasil yang berbeda nyata pada variabel kandungan N-NH₄⁺ dan N-NO₃⁻ dengan asam humat dosis 10%. Pada umumnya N yang telah diserap tanaman akan dialokasikan ke seluruh tanaman, terutama pada daun muda dan tunas (Taiz et al. 2023). Adanya kandungan nitrogen yang lebih sedikit pada akar di perlakuan P2, diduga karena nitrogen yang diserap lebih efisien, yang ditandai dengan biomassa yang lebih besar. Umumnya pada kondisi cekaman hara nitrogen pada tanaman gandum dan stroberi, kandungan hara nitrogen akar tanaman tersebut lebih sedikit

dibandingkan dengan kondisi hara nitrogen yang optimal, tetapi memiliki bobot kering akar yang lebih besar dengan peningkatan aktivitas H⁺-ATPase dan enzim-enzim lain dalam asimilasi nitrogen Lv et al. 2020; Zhang et al. 2023).

Serapan hara N diukur berdasarkan total nitrogen pada tajuk dan akar dalam biomassa kering akar dan tajuk kelapa sawit *pre nursery* yang telah dipaparkan pada Tabel 7. Pada tabel 9., tidak ada perbedaan yang nyata dari serapan hara nitrogen pada faktor jenis pupuk, jenis inhibitor N, dan interaksi antara kedua faktor tersebut. Walaupun demikian, nilai tertinggi pada faktor jenis pupuk terdapat pada perlakuan urea *coating* humat dan jenis inhibitor menggunakan inhibitor urease karena bobot kering yang lebih tinggi yang dipaparkan pada Tabel 7. Urea *coating* humat (P2) menghasilkan serapan hara nitrogen 12,74% lebih besar dibandingkan dengan pupuk urea (P0). Pada penelitian Suntari et al. (2015), tidak ada perbedaan hasil pada serapan hara nitrogen terhadap perlakuan menggunakan urea maupun urea dengan humat pada konsentrasi yang berbeda-beda. Pada penelitian Hartatik & Wibowo (2018), pemberian asam humat 50% dan pupuk nitrogen memiliki serapan hara yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan urea saja. Terdapat korelasi antara serapan hara nitrogen dengan nilai SPAD, bobot kering akar dan tajuk pada kelapa sawit fase *pre nursery*, dimana semakin tinggi serapan hara nitrogen, maka nilai SPAD, bobot kering akar, dan tajuk semakin besar (Rosenani et al. 2016).

Tabel 9. Rata-rata kandungan nitrogen tajuk dan akar (%), serta serapan hara nitrogen tanaman (mg per tanaman) pada bibit setiap perlakuan (g)

Table 9. Mean of nitrogen content in shoot and root (%), and plant nitrogen uptake (mg per plant) of seedlings in each treatment (g)

Perlakuan (Treatment)	Kandungan nitrogen (Nitrogen content)		Serapan hara N (N Plant Uptake)
	Tajuk (Shoot)	Akar (Root)	
Jenis pupuk (Type of fertilizer)			
P0	4,17	2,17 a	83,07
P1	4,00	2,16 a	86,48
P2	4,05	1,90 b	93,65
Jenis Inhibitor Nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)			
N0	3,90	2,10	75,17
N1	4,19	1,97	99,05
N2	4,00	2,08	87,34
N3	4,22	2,14	89,37
Interaksi (Interaction)	tn	tn	tn

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; ; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Efisiensi Penggunaan Hara Nitrogen pada Bibit Kelapa Sawit

Efisiensi penggunaan N memperhatikan beberapa aspek, yaitu bobot kering tanaman (biomassa), serapan hara nitrogen, dan sumber input nitrogen (pupuk dan tanah) (Hawkesford 2011). Salah satu faktor lainnya adalah untuk melihat indikator nitrogen yang tidak terserap (*losses*) yang diakibatkan dari pencucian, *runoff*, volatilisasi atau emisi, dan pengikatan oleh mikroorganisme lain (Cameron *et al.* 2013). Pada Tabel 10, faktor jenis pupuk, NUEf, PFP, dan PNB memiliki hasil yang berbeda nyata dimana perlakuan urea coating humat (P2) menghasilkan nilai terbesar. NUEf dan PNB pada perlakuan P2 adalah 2,60% atau dalam 1 g pupuk N, hara yang diserap oleh tanaman sebanyak 0,026 g. PFP pada perlakuan P2 adalah 0,70, dimana dalam 1 g pupuk N dapat membentuk biomassa hingga 0,7 g. Pada penelitian Sugianto *et al.* (2016). PFP pada tanaman

kelapa sawit *pre nursery* sekitar 1 g/g pupuk N dengan pupuk N sebanyak 2,2 g dan 2 g biomassa/g pupuk N dengan pupuk N sebanyak 0,9 g. Adanya hasil PFP yang rendah pada penelitian ini diduga dari pemberian pupuk yang diberikan selama 12 kali dari umur 4-16 MST dengan frekuensi seminggu sekali. *Internal utilization efficiency* (IUE) merupakan salah satu indikator dalam mengkonversi N dalam tanaman terhadap hasil panen atau biomassa. Umumnya, genotipe, lingkungan, dan manajemen menjadi salah satu faktor dari nilai IUE. Pada penelitian ini, IUE tidak memiliki perbedaan yang nyata pada kedua faktor dan interaksinya.

Beberapa penelitian menyebutkan hasil dari efisiensi penggunaan N dengan perbandingan pada perlakuan tanpa pupuk nitrogen pada bibit kelapa sawit. Pada penelitian Tobing *et al.* (2018), efisiensi penggunaan N tertinggi terdapat pada kelapa sawit varietas Simalungun dengan pupuk nitrogen 1,5 gram sebesar 51,17%. Pada penelitian Hartatik &

Wibowo (2018), penggunaan pupuk N dengan humat 100% memiliki efisiensi agronomi sebesar 109% yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan urea, yaitu sebesar 100%. Penelitian Ginting *et al.* (2018), pupuk NPK majemuk berbentuk briket pada bibit kelapa sawit *main nursery* memiliki efisiensi

serapan hara sebesar 14,31%, efisiensi fisiologis sebesar 101,38 g/g N dan efisiensi agronomis sebesar 14,50 g bobot kering/g N. Penggunaan asam humat pada penelitian (Chen *et al.*, 2017) dengan tanaman kentang menghasilkan efisiensi penggunaan N sebesar 39,0-44,8%.

Tabel 10. Rata-rata *Nitrogen use efficiency by fertilizer* (NUEF), *Partial Factor Productivity* (PFP), *Partial Nutrient Balance* (PNB), dan *Internal Utilization Efficiency* (IUE) pada bibit setiap perlakuan (g)

Table 10. Mean of *Nitrogen use efficiency by fertilizer* (NUEF), *Partial Factor Productivity* (PFP), *Partial Nutrient Balance* (PNB), dan *Internal Utilization Efficiency* (IUE) of seedlings in each treatment (g)

Perlakuan (Treatment)	NUEF (%)	PFP (gram tanaman. Gram pupuk ⁻¹)	PNB (gram serapan hara. Gram pupuk ⁻¹)	IUE (gram tanaman. Gram serapan hara ⁻¹)
Jenis pupuk (Type of fertilizer)				
P0	1,88 b	0,48 c	0,019 b	0,039
P1	2,17 b	0,58 b	0,022 b	0,038
P2	2,60 a	0,70 a	0,026 a	0,037
Jenis Inhibitor Nitrogen (Type of nitrogen inhibitor)				
N0	1,91	0,53	0,019	0,036
N1	2,50	0,64	0,025	0,039
N2	2,19	0,59	0,022	0,037
N3	2,27	0,57	0,023	0,040
Interaksi (Interaction)	tn	tn	tn	tn

Keterangan: huruf menunjukkan perbedaan hasil yang nyata; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji DMRT 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

Notes: Result denoted by different letters indicate significant differences; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; tn = indicated not significant differences according to Duncan test 5%; P0: urea; P1: urea + humic acid; P2: humic coated urea; N0: without inhibitor; N1: urease inhibitor; N2: nitrification inhibitor; N3: urease+nitrification inhibitor.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan penggunaan pupuk urea *coating* lebih baik dari perlakuan urea dan urea + humat, pada faktor jenis pupuk, karena secara statistik, pupuk urea *coating* humat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit *pre nursery* pada variabel tinggi tanaman umur 4 BST, jumlah daun pada umur 3 dan 4 BST, diameter batang umur 3 BST, nilai SPAD daun, luas daun, panjang akar, volume akar,

berat basah tajuk dan akar, dan berat kering akar, dan efisiensi penggunaan N (NUEf, PFP, dan PNB). Perlakuan urea *coating* humat menghasilkan berat basah tajuk lebih besar 35,63% dan serapan hara N lebih besar 12,74% dibandingkan dengan perlakuan dengan urea saja. Pada faktor inhibitor N, perlakuan inhibitor urease (NBPT) menghasilkan pertumbuhan terbaik pada tinggi tanaman umur 4 BST. Aplikasi urea *coating* humat dengan inhibitor urease meningkatkan tinggi tanaman umur 4 BST lebih besar 28,94% dan

bobot kering akar yang lebih besar 79,17% dibandingkan dengan perlakuan urea tanpa inhibitor. Aplikasi inhibitor umumnya meningkatkan tinggi tanaman dan bobot kering akar pada penelitian. Walaupun demikian, penggunaan pupuk urea saja dengan berbagai inhibitor tidak dapat meningkatkan tinggi tanaman dan bobot kering yang lebih besar dibandingkan dengan penambahan asam humat atau penggunaan urea *coating* humat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adileksana, C., P. Yudono, B.H. Purwanto, & R.B. Wijoyo. 2020. The growth performance of oil palm seedlings in pre-nursery and main nursery stages as a response to the substitution of NPK compound fertilizer and organic fertilizer. *Journal Sustainable Agriculture*. 35(1): 89–97.
- Al-Zahrani, S.M. 1999. Controlled-release of fertilizer: modelling and simulation. *International Journal of Engineering Science* 37: 1299-1307.
- Ariyanti, M., Y. Maxiselly, S. Rosniawaty, & R.A. Indrawan. 2019. Pertumbuhan kelapa sawit belum menghasilkan dengan pemberian pupuk organik asal pelepah kelapa sawit dan asam humat. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 27(2):71–82.
- Azalia, T.A. & N. Hendrasarie. 2022. Wastewater treatment of NPK fertilizer industry using sequencing batch reactor and granular activated carbon. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*. 9: 83-90.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2022. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2021*. Jakarta(ID): Badan Pusat Statistik
- Beig, B., M.B.K Niazi, Z. Jahan, A. Hussain, M.H. Zia & M.T. Mehran. 2020. Coating materials for slow release of nitrogen from urea fertilizer: a review. *Journal of Plant Nutrition*. 43(10): 1510-1533.
- Bleam, W.F. 2016. *Soil and Environmental Chemistry*. London(UK): Academic Press.
- Büyükkeskin, T., Ş. Akinci, & A.E. Eroğlu. 2015. Effects of humic acid on root development and nutrient uptake of *Vicia faba* L. (Broad bean) seedlings grown under aluminum toxicity. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 46(3):277–292.
- Cahyo, A.N., R.H. Murti, E.T.S. Putra, T.R. Nuringtyas, D. Fabre, & P. Montoro. 2020. SPAD-502 and atLEAF CHL PLUS values provide good estimation of the chlorophyll content for *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. Leaves. *Journal Menara Perkebunan*. 88(1): 1–8.
- Cameron, K.C., H.J. Di, & J.L. Moir. 2013. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals of Applied Biology*. 162: 145-173.
- Canellas, L.P. & F.L. Olivares. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biology Technology in Agriculture*. 1(1): 1–11.
- Chen, X., M. Kou, Z Tang, A. Zhang, & H. Li. 2017. The use of humic acid urea fertilizer for increasing yield and utilization of nitrogen in sweet potato. *Plant, Soil and Environment*. 63(5): 201–206.
- Cihlář, Z., L. Vojtová, P. Conte, S. Nasir, & J. Kučerík . 2014. Hydration and water holding properties of cross-linked lignite humic acids. *Geoderma*. 230 – 231 : 151 – 160 . doi:10.1016/j.geoderma.2014.04.018.
- Corley, R.H.V. & P.B. Tinker. 2016. *The Oil Palm Fifth Edition*. Blackwell Science Ltd, United Kingdom.
- De Hita, D., M. Fuentes, V. Fernández, A.M. Zamarréño, M. Olaetxea, & J.M. García-Mina. 2020. Discriminating the Short-Term Action of Root and Foliar Application of Humic Acids on Plant Growth: Emerging Role of Jasmonic Acid. *Frontiers in Plant Science*, 11: 1–14.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2021. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022*. Direktorat Jendral Perkebunan, Indonesia.
- Faria, L.A, C.A.C. Nascimento, B.P. Ventura, G.P. Florim, P.H.C. Luz, & G.C. Vitti. 2014. Hygroscopicity and ammonia volatilization losses from nitrogen sources in coated urea. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 38(3):942–948.
- Fathi, A. 2022. Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: A review. *Agrisost*. 28: 1-8.

- Fixen, P., F. Brentrup, T. Bruulsema, F. Garcia, R. Norton, & S. Zingore. 2015. Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. In: P. Dreschel, P. Heffer, H. Magen, R. Mikkelsen, D. Wichlens, (eds). Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification. International Fertilizer Industry Association.
- Gawlik, A., D. Kulpa, D. Gołębiewska, & R. Bejger. 2014. Influence of the auxin-like activity of humic acid on bio and microbiometric parameters of *Pisum sativum* L. by in vitro cultures of pea plants. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 12(3-4): 209-212.
- Ginting, E.N., S. Rahutomo, & E.S. Sutarta. 2018. Efisiensi serapan hara beberapa jenis pupuk pada bibit kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 26(2): 79-90.
- Hamzah, M., Adiwirman & F. Puspita. 2015. Interaksi pemberian pupuk controlled release dengan soil conditioner terhadap pertumbuhan vegetatif dan serapan hara nitrogen serta fosfor bibit kelapa sawit. *Jurnal Agrotek Tropika*. 4(1):16-23.
- Harada, Y., & A. Inoko. 2012. Cation exchange properties of soil organic matter. *Soil Science and Plant Nutrition*, 21(4): 361-369.
- Hartatik, W. & H. Wibowo. 2018. Efektivitas beberapa jenis pupuk N pada pembibitan kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Tanaman Indonesia*. 24(1): 29.
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, M. Skrumsager, & P. White. 2012. Functions of Macronutrients. In: P. Marschner (eds). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants Third Edition*. Elsevier, United Kingdom.
- Hawkesford, M.J. 2011. An overview of nutrient use efficiency and strategies for crop improvement. In: J.M. Hawkesford, P. Barraclough (eds). *The Molecular and Physiological Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops*. John Willey & Sons, United Kingdom.
- Kong, B., Q. Wu, Y. Li, T. Zhu, Y. Ming, L. Chuanfu, L. Chuanrong, F. Wang, S. Jiao, & L. Shi. 2022. The application of humic acid urea improves nitrogen use efficiency and crop yield by reducing the nitrogen loss compared with urea. *Agric*. 12(12).
- Lindsey AJ, Thoms AW, & Christians NE. 2020. Kentucky bluegrass and bermudagrass rooting response to humic fertilizers during greenhouse establishment. *Agronomy Journal*. 112(5).
- Liu ,C.W., Y. Sung, B.C. Chen, & H.Y. Lai. 2014. Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 11(4):4427-4440.
- Lubis, A.U. 2023. Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Indonesia Edisi 3. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Indonesia.
- Lv, X., Y. Zhang, L. Hu, Y. Zhang, B. Zhang, H. Xia, W. Du, & S. Fan. 2020. Low nitrogen stress stimulates lateral root initiation and nitrogen assimilation in wheat: roles of phytohormone signaling. *Journal Plant Growth Regulation*. 40(1).
- Mahdi, A.H.A., S.A. Badawy, A.A.H.A Latef, A.A.A.E.Hosary, U.A.A. El- Razek, & R.S.Taha. 2021. Integrated effects of potassium humate and planting density on growth, physiological traits and yield of *Vicia faba* L. Grown in newly reclaimed soil. *Agronomy*. 11(3).
- Muhammad, I., L. Yang, S. Ahmad, S. Farooq, A.A. Al-Ghamdi, A. Khan, M. Zeeshan, M.S. Elshikh, A.M. Abbasi, & X.B. Zhou. 2022. Nitrogen fertilizer modulates plant growth, chlorophyll pigments and enzymatic activities under different irrigation regimes. *Agronomy*. 12(4).
- Reeza, A.A., O.H. Ahmed, N.M.N.A. Majid, & M.B. Jalloh. 2009. Reducing ammonia loss from urea by mixing with humic and fulvic acid isolated from coal. *American Journal of Environmental Sciences*. 5(3): 420-426.
- Riyadi, A.S., E.T.S. Putra, & E. Hanudin. 2020. The influence of urease and nitrification inhibitor on loss of N and oil palm harvest in peat. *Ilmu Pertanian*. 5(2):110.
- Rosenani, A.B., R. Rovica, P.M. Cheah, & C.T. Lim. 2016. Growth Performance and Nutrient Uptake of Oil Palm Seedling in Prenursery Stage as Influenced by Oil Palm Waste

- Compost in Growing Media. International Journal of Agronomy, 2016.
- Sattelmacher, B. 1986. Methods for measuring root volume and for studying root morphology. Short Communication. 150(1).
- Setyawan, H., S.M. Rohmiyati, & J.H. Purba. 2020. Application of Cow Manure, Urea and NPK Fertilizer Combination on the Growth of Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq) in Pre-Nursery. Agro Bali: Agricultural Journal, 3(1): 74–83.
- Soares, J.R., H. Cantarella, & M.L.D.C Menegale. 2012. Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. Soil Biology and Biochemistry. 52:82–89.
- Sudradjat, A, Darwis, & A. Wachjar. 2014. Optimasi Dosis Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pembibitan Utama. Jurnal Agronomi Indonesia. 42(3):222–227.
- Sugianto, H., C. Donough, Rahmadsyah, C.H. Lim, & T. Oberthür. 2016. Nutrient use efficiency in oil palm nurseries. Better Crop. 100(4):16–18.
- Suntari, R., R. Retnowati, M. Munir, & N. Sciences. 2015. Determination of urea-humic acid dosage of vertisols on the growth and production of rice. Agrivita 37(2):185–192.
- Taiz, L., I.M. Møller, A. Murphy, & E. Zeiger. 2023. Plant Physiology and Development Seventh Edition. Oxford University Press, United States.
- Tobing, W.L., C. Hanum, & E.S. Sutarta. 2018. Respon pertumbuhan dan efisien penggunaan nitrogen varietas kelapa sawit terhadap pemberian pupuk N di pembibitan awal. AGRIC: Jurnal Ilmu Pertanian 21: 43–50.
- Trenkel, M.E. 1997. Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. IFA, France.
- Uba, B.N. & J.A. Ekundayo. 1995. Nutrient status of wastewater in a fertilizer-factory-waste discharge equalization basin. Bioresource Technology. 51.
- Viero, F., C. Bayer, R.C.B. Vieira, & E. Carniel. 2015. Management of irrigation and nitrogen fertilizers to reduce ammonia volatilization. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 39(6):1737–1743.
- Weil, R.R., & N.C. Brady. 2017. The Nature and Properties of Soils Fifteenth Edition. Pearson Education, United Kingdom.
- Wulandari, P., E. Sulistyaningsih, S. Handayani, & B.H. Purwanto. 2019. Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) On acid soil to different rates of humic acid and NPK fertilizer. Ilmu Pertanian. 4(2):76.
- Zaman, M., S. Saggarr, Blennerhassett, & J. Singh. 2009. Effect of urease and nitrification inhibitors on N transformation, gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, pasture yield and N uptake in grazed pasture system. Soil Biology and Biochemistry. 41: 1270-1280.
- Zanin, L., N. Tomasi, S. Cesco, Z. Varanini, & R. Pinton. 2019. Humic substances contribute to plant iron nutrition acting as chelators and biostimulants. Frontiers in Plant Science. 10 (675). doi:10.3389/fpls.2019.00675.
- Zhang, W., T. Zhang, J. Zhang, W. Lei, L. Zhao, S. Wang, M. Shi, & M. Wei. 2023. Low nitrogen stress promotes root nitrogen uptake and assimilation in strawberry: contribution of hormone networks. Horticulturae. 9(2).