



Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pemberian Urea Enkapsulasi pada Metode Irigasi Tetes terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*)

*Effect of Doses and Frequency of Encapsulated Urea Application in Drip Irrigation Method on the Growth and Yield of Kailan (*Brassica oleracea* var *Alboglabra*)*

Author(s): Pulung Damar Panuluh⁽¹⁾; Cahyoadi Bowo^{(1)*}

⁽¹⁾ Universitas Jember

*Corresponding author: cahyoadi.bowo.faperta@unej.ac.id

Submitted: 25 Aug 2023

Accepted: 30 Sep 2024

Published: 31 Mar 2025

ABSTRAK

Kandungan nitrogen dalam urea mudah menguap dan larut dalam air, oleh karena itu efisiensi pemupukan urea perlu diperbaiki dengan mengubahnya menjadi slow-release fertilizer. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan urea terenkapsulasi, mengetahui tingkat pelarutan urea terenkapsulasi, dan mengetahui interaksi antara dosis dan frekuensi pemberian urea terenkapsulasi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan. Penelitian dilakukan di Greenhouse Balai Penyuluh Pertanian Wirolegi, Summersari, Jember, dengan koordinat geografis 8°11'18,08" LS dan 113°44'57,91" BT pada ketinggian 123 MDPL. Percobaan disusun dengan model rancangan acak lengkap faktorial, melalui perbedaan dosis dan frekuensi pemberian urea terenkapsulasi dengan ulangan 3 kali. Data pengamatan dianalisis menggunakan ANOVA dan kemudian diuji lanjut dengan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi dosis dan frekuensi pemberian urea terenkapsulasi menghasilkan pertumbuhan dan hasil tanaman kailan terbaik terhadap jumlah daun, luas daun, bobot segar tanaman, dan kandungan klorofil. Urea terenkapsulasi dapat dibuat dari penyalut zeolit alam, alginat, dan tepung sagu. Tingkat pelarutan urea terenkapsulasi terbaik diperoleh melalui penimbunan dengan tanah lembab. Jumlah urea terenkapsulasi yang dibutuhkan adalah 240 kg/ha untuk meningkatkan bobot segar tanaman, sedangkan 480 kg/ha diperlukan untuk meningkatkan kandungan klorofil. Urea terenkapsulasi terbukti meningkatkan hasil dan kualitas tanaman dengan mengatur dosis dan frekuensi pemberian.

Kata Kunci:

Kailan;
Nitrogen;
Urea
enkapsulasi

ABSTRACT

Keywords:

Kailan;
Nitrogen;
Encapsulated
urea

The nitrogen content in urea is prone to evaporation and soluble in water, hence the efficiency of urea fertilization needs improvement by transforming it into a slow-release fertilizer. This research aims to produce encapsulated urea, determine the rate of dissolution of encapsulated urea, and understand the interaction between the doses and frequency of encapsulated urea application on the growth and yield of kailan. The research was conducted at the Greenhouse of the Agricultural Extension Center in Wirolegi, Summersari, Jember with the geographical coordinates of 8°11'18.08" S and 113°44'57.91" E at an elevation of 123 MASL. The experiment was arranged in a factorial complete randomized design, involving different doses and frequencies of encapsulated urea application with 3 replicates. The observation data were analyzed using ANOVA and subsequently tested with DMRT at a significance level of 5%. The research results indicate that the interaction of doses and frequency of encapsulated urea application yields the best growth and yield of kailan in terms of leaf count, leaf area, plant fresh weight, and chlorophyll content. Encapsulated urea can be produced using a mixture of zeolite, alginate, and sago flour as the coating materials. The best dissolution rate for encapsulated urea is achieved by applying moist soil as a covering method. A total of 240 kg/ha of encapsulated urea is required to enhance plant fresh weight, while 480 kg/ha is needed to increase chlorophyll content. Encapsulated urea has been proven to increase crop yield and quality by regulating the dosage and frequency of application.

PENDAHULUAN

Kailan merupakan tanaman komersial bernilai ekonomi tinggi yang kaya akan kandungan nutrisi. Kandungan nutrisi kailan segar yaitu air, protein, lemak, kalsium, vitamin A, vitamin B, dan vitamin C. Permintaan kailan cenderung meningkat karena masyarakat mulai sadar terhadap pentingnya pemenuhan kebutuhan gizi, serta mulai banyaknya rumah makan dan perhotelan yang menyajikan sayur kailan sebagai salah satu menu makanan (Berliana et al., 2022; Hariyadi et al., 2019).

Peningkatan permintaan kailan menyebabkan produksi kailan perlu diperbaiki. Kailan termasuk famili kubis-kubisan dengan tingkat produksi cenderung fluktuatif di Indonesia. Produksi kubis-kubisan di Indonesia yaitu 1.435.833ton pada tahun 2014 dan meningkat sampai tahun 2016 menjadi 1.513.318 ton, kemudian turun menjadi 1.442.624 ton di tahun 2017 dan 1.407.940 ton di tahun 2018. Produksi kailan dapat dikembangkan melalui pemberian pupuk nitrogen sesuai kebutuhan untuk mengoptimalkan pertumbuhan vegetatif tanaman (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2018).

Kailan merupakan jenis sayuran daun yang dikonsumsi pada fase vegetatif, sehingga unsur nitrogen memiliki peran penting bagi tanaman. Nitrogen berperan meningkatkan pertumbuhan, kadar protein, dan kualitas tanaman yang menghasilkan daun seperti kailan. Pupuk urea merupakan salah satu sumber nitrogen bagi kebutuhan tanaman. Pupuk urea termasuk golongan pupuk higroskopis karena kandungan nitrogen pada pupuk mudah menguap dan larut dalam air, sehingga menyebabkan kandungan N cepat hilang. Kelemahan urea menyebabkan tanaman hanya mampu menyerap nitrogen sekitar 40–70%, sehingga tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman (Beig et al., 2020; Handayani et al., 2020).

Kailan membutuhkan nitrogen (N) cukup tinggi sehingga memerlukan dosis pemupukan yang tepat. Pemupukan N dengan efisiensi tinggi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan N sayuran daun dan menekan kehilangan N. Modifikasi urea menjadi *Slow-Release Fertilizer* (SRF) adalah upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan urea. *Slow-Release Fertilizer* bertujuan mengoptimalkan penyerapan nitrogen melalui pelepasan N sesuai dosis dan waktu yang dibutuhkan tanaman, serta mempertahankan keberadaan N dalam tanah (Swify et al., 2023; Tei et al., 2020).

Enkapsulasi merupakan metode pembuatan SRF melalui penyalutan menggunakan lapisan polimer atau biopolimer, karena dapat mengurangi tingkat volatilisasi amonia dan membuat penggunaan pupuk lebih efisien. Zeolit alam, sodium alginat, dan tepung sagu adalah komposisi biokomposit yang dapat digunakan untuk mengenkapsulasi urea menjadi bentuk SRF. Zeolit alam merupakan polimer yang berfungsi sebagai pengikat nitrogen pada urea agar tidak mudah lepas. Penambahan polimer bertujuan untuk membentuk matriks dengan struktur yang kuat, kohesif, dan stabil (Pamlényi et al., 2021; Lawrencina et al., 2021).

Irigasi tetes adalah teknologi irigasi bertekanan rendah, debit air kecil dan konstan dengan aplikasi pengairan hanya diberikan di zona akar dalam bentuk tetesan yang dikeluarkan *emitter* secara kontinu. Irigasi tetes efektif untuk tanaman kailan dengan tipe batang lunak yang membutuhkan cukup banyak air tanpa menggenang dan memerlukan media selalu lembap. Penerapan irigasi tetes dapat menghemat penggunaan air hingga 30–70%, serta mampu meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman (Zafari & Mohammadi, 2019; Hartono, 2023).

Pemupukan kailan menggunakan urea dalam bentuk SRF dengan metode irigasi tetes belum pernah dilakukan

sebelumnya, sehingga menjadi dasar bagi peneliti untuk melakukan penelitian. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan pupuk urea enkapsulasi dalam bentuk *Slow-Release Fertilizer* (SRF), mengetahui tingkat pelarutan pupuk urea enkapsulasi, dan mengetahui interaksi antara dosis dan frekuensi pemberian urea enkapsulasi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2023 sampai April 2023 di Greenhouse Balai Penyuluh Pertanian Wirolegi, Summersari, Jember. Kondisi geografis lokasi penelitian terletak di 8°11'18.08" lintang selatan dan 113°44'57.91" bujur timur pada ketinggian 123 mdpl.

Alat yang digunakan meliputi instalasi irigasi tetes, *chlorophyll meter* SPAD 502, dan timbangan analitik. Bahan yang digunakan meliputi benih kailan varietas Full White, pupuk urea PETRO (nonsubsidi), zeolit alam yang diperoleh dari Sukabumi, sodium alginat yang diperoleh dari ekstraksi alga coklat, tepung sagu, air, dan tanah Inceptisol.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah dosis urea enkapsulasi dalam bentuk tablet yang

terdiri dari 3 taraf, yaitu (D1) 1 tablet, (D2) 2 tablet, dan (D3) 3 tablet. Faktor kedua adalah frekuensi pemupukan yang terdiri dari 3 taraf, yaitu (F1) 2 kali, (F2) 4 kali, dan (F3) 6 kali. Jumlah seluruh kombinasi perlakuan adalah 9 kombinasi yang diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 unit percobaan.

Data hasil parameter yang diamati dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Hasil analisis sidik ragam dilakukan uji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kesalahan 5% untuk mengetahui variasi perlakuan terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Matriks Pupuk Urea Enkapsulasi

Urea enkapsulasi dibuat dengan mencampur beberapa jenis bahan penyalut yaitu zeolit alam, sodium alginat, dan tepung sagu dengan perbandingan masing-masing bahan 2:1:1. Produk urea hasil enkapsulasi berupa biokomposit berwarna keabu-abuan yang didominasi oleh warna dari zeolit alam. Urea enkapsulasi berhasil dibuat dengan matriks berbentuk bulat, seragam, dan partikel urea terletak di bagian dalam lapisan biokomposit. Bentuk matriks urea enkapsulasi yang berhasil dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk matriks urea enkapsulasi
Figure 1. The form of encapsulated urea matrix

Bahan penyalut yang digunakan dalam membuat matriks enkapsulasi memiliki fungsi berbeda-beda. Penggunaan zeolit menjadi penghalang fisik pada matriks enkapsulasi untuk mengurangi laju difusi karena memiliki sifat mekanik yang baik (Wang *et al.*, 2024). Pencampuran zeolit memiliki perbandingan lebih banyak dibandingkan bahan lain, agar pengikatan nitrogen lebih efektif. Bahan yang digunakan sebagai pengikat silang yaitu alginat, karena memiliki kemampuan membentuk gel. Penggunaan pati sagu sebagai penyalut didasarkan pada kemampuannya yang dapat memperlambat proses hidrolisis urea dengan menghalangi reaksi antara air dengan butiran urea (Kavitha *et al.*, 2023).

Pelapisan urea menggunakan matriks yang terdiri dari zeolit alam, alginat, dan tepung sagu menghasilkan produk urea enkapsulasi yang keras dan tidak cepat larut. Sifat pupuk yang keras dan tidak cepat larut disebabkan oleh karakteristik bahan penyalut yang dapat memperkuat bentuk matriks enkapsulasi.

Uji Kelarutan Pupuk Urea Enkapsulasi

Uji kelarutan urea enkapsulasi dilakukan melalui 3 metode yaitu perendaman media air, penimbunan media tanah lembab, dan inkubasi ruang terbuka. Uji kelarutan bertujuan untuk mengetahui lama waktu pupuk dapat release pada media berbeda. Hasil uji kelarutan urea enkapsulasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji kelarutan urea enkapsulasi
Table 1. Results of encapsulated urea solubility test

Metode Uji Kelarutan <i>Solubility Test Method</i>	Waktu Pupuk Larut (Hari) <i>Fertilizer Dissolves Time (Day)</i>				
	1	3	5	7	9
Perendaman media air	-	✓			
Media tanah lembab	-	-	✓		
Inkubasi ruang terbuka	-	-	-	-	-

Kelarutan biokomposit urea enkapsulasi pada 3 metode pengujian menghasilkan waktu larut berbeda. Biokomposit yang diuji dengan perendaman air memiliki waktu larut paling cepat yaitu 3 hari. Penimbunan biokomposit pada tanah lembab memiliki waktu larut 5 hari. Biokomposit yang diinkubasi di ruang terbuka tidak mengalami perubahan ukuran hingga hari ke-9. Biokomposit yang direndam air memiliki waktu larut paling cepat karena pelepasan N pada matriks terjadi melalui difusi akibat air yang menembus lapisan *coating* (Duan *et al.*, 2023). Tekanan osmotik menyebabkan membran pelapis perlahan mengembang dan membentuk hidrogel, sehingga matriks akan larut dalam air dan kandungan N pada matriks

akan terdifusi keluar (Rashidzadeh *et al.*, 2015).

Urea enkapsulasi menunjukkan tingkat kelarutan 3 hari. Nilai ini dicapai pada perlakuan perendaman dengan media air, dan lebih tinggi dibanding kontrol (inkubasi ruang terbuka) dan penimbunan tanah lembab.

Tinggi Tanaman

Kombinasi dosis dan frekuensi pemupukan tidak menunjukkan adanya interaksi yang mempengaruhi tinggi tanaman kailan. Salah satu faktor yang mempengaruhi tinggi tanaman adalah nitrogen. Nitrogen berperan merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman, salah satunya terhadap peningkatan tinggi tanaman melalui aktivitas pembelahan dan perpanjangan sel (Musadik & Agustin,

2021). Nitrogen berperan menyediakan protein yang dibutuhkan tanaman untuk membantu proses pembelahan sel agar berjalan efisien dan membuat pertumbuhan organ tanaman seperti batang, cabang, daun, dan akar dapat tumbuh maksimal (Safira *et al.*, 2019). Tinggi tanaman juga dipengaruhi faktor genetik, kondisi iklim, kualitas tanah, dan interaksi biologis.

Dosis dan frekuensi pemupukan urea enkapsulasi tidak menghasilkan interaksi yang mempengaruhi rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman. Pupuk yang

diberikan pada berbagai taraf dosis dan frekuensi tidak mempengaruhi hasil tinggi tanaman, karena tanaman kailan memiliki tinggi yang relatif seragam dan mencapai titik maksimal.

Jumlah Daun

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan terdapat interaksi antara perlakuan dosis dan frekuensi pemupukan yang mempengaruhi parameter jumlah daun tanaman kailan. Hasil interaksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Dosis dan frekuensi pemupukan urea enkapsulasi terhadap jumlah daun

Table 2. Doses and frequency of encapsulated urea fertilization on leaf count

Dosis Pemupukan <i>Fertilizer Dossage</i>	Frekuensi Pemupukan <i>Fertilization Frequency</i>		
	2x	4x	6x
1 tablet	7,53 A a	9,60 A a	9,87 A b
2 tablet	8,40 B a	7,67 A a	7,33 A a
3 tablet	8,20 A a	7,67 A a	7,20 A a

Keterangan: angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama dan angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Description: numbers followed by the same capital letter in the same row and numbers followed by the same lower case letter in the same column show no significant difference in the 5% DMRT test.

Interaksi dosis dan frekuensi pemupukan menghasilkan perlakuan D1F3 sebagai kombinasi terbaik terhadap rerata jumlah daun tanaman kailan. Urea enkapsulasi perlakuan D1F3 memiliki dosis keseluruhan 1,8 g dalam satu siklus budidaya. Urea enkapsulasi yang diberikan sebanyak 6 kali pada umur 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 HST dengan dosis setiap aplikasi 1 tablet telah sesuai bagi pertumbuhan tanaman kailan.

Ketersediaan nitrogen selama fase pertumbuhan merupakan faktor penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Hal tersebut disebabkan kebutuhan nitrogen tanaman kailan tercukupi dalam waktu cepat, karena dengan tersedianya N dapat mempercepat proses fotosintesis sehingga pembentukan

daun dapat berjalan lebih cepat (Triadiawarman & Rudi, 2019). Pupuk yang diberikan ke tanaman dengan dosis lebih rendah dan frekuensi lebih sering dapat menyediakan nitrogen dalam tanah pada waktu yang lama, sehingga sesuai bagi kebutuhan tanaman pada fase vegetatif (Sopacua, 2016).

Pemberian 1 tablet urea enkapsulasi sebanyak 6 kali menghasilkan rerata jumlah daun tertinggi 9,87 helai. Nilai ini setara dengan 240 kg/ha urea enkapsulasi untuk meningkatkan jumlah daun tanaman kailan, dihitung dari jumlah tanaman 133.333 dengan jarak tanam 25 × 30 cm.

Luas Daun

Kombinasi dosis dan frekuensi pemupukan urea enkapsulasi menghasilkan interaksi yang

mempengaruhi luas daun tanaman kailan. Hasil interaksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dosis dan frekuensi pemupukan urea enkapsulasi terhadap luas daun (cm²)
Table 3. Doses and frequency of encapsulated urea fertilization on leaf area (cm²)

Dosis Pemupukan Fertilizer Dossage	Frekuensi Pemupukan Fertilization Frequency		
	2x	4x	6x
1 tablet	76,39 A a	93,21 A a	103,83 A a
2 tablet	99,74 A ab	123,44 B b	108,96 AB a
3 tablet	116,93 A b	116,54 A ab	84,98 A a

Keterangan: angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama dan angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Description: numbers followed by the same capital letter in the same row and numbers followed by the same lower case letter in the same column show no significant difference in the 5% DMRT test.

Kombinasi perlakuan D2F2 pada Tabel 3 memiliki rata-rata luas daun tertinggi dibanding kombinasi lainnya sebesar 123,44 cm². Urea enkapsulasi perlakuan D2F2 memiliki dosis keseluruhan 2,4 g dalam satu siklus budidaya. Dosis 2 tablet merupakan dosis yang cukup dan didukung frekuensi pemupukan 4 kali saat umur 5, 10, 15, dan 20 HST mengakibatkan tanaman akan selalu memperoleh nutrisi.

Nitrogen yang diberikan dalam jumlah cukup dan tepat waktu dapat memperbanyak jumlah daun, serta memperlebar dan memperluas permukaan daun (Silawibawa *et al.*, 2021). Kandungan nitrogen yang selalu tersedia menjadi faktor penting bagi tanaman untuk melancarkan proses fotosintesis, sehingga hasil fotosintat yang ditranslokasikan ke seluruh organ tanaman akan mempengaruhi pertumbuhan panjang dan lebar daun (Artika *et al.*, 2021).

Pemberian 2 tablet urea enkapsulasi sebanyak 4 kali menghasilkan rerata luas daun tertinggi 123,44 cm². Nilai ini setara dengan 320 kg/ha urea

enkapsulasi untuk meningkatkan luas daun tanaman kailan.

Bobot Akar Segar

Kombinasi dosis dan frekuensi pemupukan tidak menunjukkan adanya interaksi yang mempengaruhi bobot akar segar tanaman kailan. Bobot akar segar dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen yang berperan sebagai penyusun protein untuk memacu pembelahan sel-sel meristem pada ujung akar dan meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, salah satunya pertumbuhan akar (Rugayah *et al.*, 2018). Urea enkapsulasi yang diberikan secara berkala dapat menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman mulai dari awal tanam hingga mendekati panen. Pupuk yang diberikan secara kontinu dapat memberikan hasil produksi lebih memuaskan dibandingkan aplikasi pupuk yang hanya diberikan satu atau dua kali dalam satu siklus budidaya (Khosiatur *et al.*, 2020).

Bobot Segar Tanaman

Dosis dan frekuensi pemupukan urea enkapsulasi menghasilkan interaksi

yang mempengaruhi bobot segar tanaman. Hasil interaksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Dosis dan frekuensi pemupukan urea enkapsulasi terhadap bobot segar tanaman (g)
Table 4. Doses and frequency of encapsulated urea fertilization on plant fresh weight (g)

Dosis Pemupukan <i>Fertilizer Dossage</i>	Frekuensi Pemupukan <i>Fertilization Frequency</i>		
	2x	4x	6x
1 tablet	58,47 A a	99,27 B a	98,17 B a
2 tablet	86,63 A b	91,63 A a	93,20 A a
3 tablet	99,27 B b	87,33 AB a	75,67 A a

Keterangan: angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama dan angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Description: numbers followed by the same capital letter in the same row and numbers followed by the same lower case letter in the same column show no significant difference in the 5% DMRT test.

Kombinasi perlakuan D3F1 pada Tabel 4 memiliki rata-rata bobot segar tanaman tertinggi dibanding kombinasi lainnya sebesar 99,27 g. Faktor yang mempengaruhi nilai bobot segar tanaman yaitu kandungan air dalam jaringan, ketersediaan unsur hara, dan hasil metabolisme tanaman. Bobot segar tanaman juga dipengaruhi oleh parameter pertumbuhan lainnya seperti tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, batang, dan akar.

Urea enkapsulasi perlakuan D3F1 memiliki dosis keseluruhan 1,8 g dalam satu siklus budidaya. Interaksi yang dihasilkan perlakuan D3F1 disebabkan dosis yang diberikan secara optimal dapat meningkatkan pertumbuhan kailan didukung dengan frekuensi pemupukan 2 kali. Hal tersebut mengakibatkan kebutuhan tanaman terhadap nitrogen akan selalu tersedia karena sifat pupuk urea enkapsulasi yang tidak cepat larut. Berat

biomassa tanaman yang semakin besar menunjukkan bahwa proses metabolisme pada tanaman tersebut berjalan dengan baik (Ghasiani *et al.*, 2021). Kemampuan tanaman berfotosintesis yang lebih besar juga akan menyebabkan jumlah fotosintat yang terbentuk lebih banyak, sehingga bobot segar tanaman akan semakin tinggi (Rizal, 2017).

Pemberian 3 tablet urea enkapsulasi sebanyak 2 kali menghasilkan rerata bobot segar tanaman tertinggi 99,27 g. Nilai ini setara dengan 240 kg/ha urea enkapsulasi untuk meningkatkan bobot segar tanaman kailan.

Kandungan Klorofil Daun

Kombinasi dosis dan frekuensi pemupukan urea enkapsulasi menghasilkan interaksi yang mempengaruhi kandungan klorofil daun tanaman kailan. Hasil interaksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Dosis dan frekuensi pemupukan urea enkapsulasi terhadap kandungan klorofil ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)Table 5. Doses and frequency of encapsulated urea fertilization on chlorophyll content ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)

Dosis Pemupukan Fertilizer Dossage	Frekuensi Pemupukan Fertilization Frequency		
	2x	4x	6x
1 tablet	722,43 A a	695,23 A a	738,16 A a
2 tablet	740,75 B a	763,34 B ab	658,37 A a
3 tablet	692,90 A a	782,31 A b	744,36 A a

Keterangan: angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama dan angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Description: numbers followed by the same capital letter in the same row and numbers followed by the same lower case letter in the same column show no significant difference in the 5% DMRT test.

Kombinasi D3F2 pada Tabel 5 memiliki rata-rata kandungan klorofil tertinggi dibanding kombinasi lainnya sebesar $782,31 \mu\text{mol}/\text{m}^2$. Klorofil terbentuk akibat pengaruh ketersediaan unsur hara, karena dalam fotosintesis unsur hara khususnya nitrogen berperan penting untuk pembentukan protein dan klorofil (Tairo & Ndakidemi, 2013). Tanah dengan ketersediaan N semakin banyak dan kemampuan akar menyerap N yang tinggi akan membuat jumlah klorofil yang terbentuk semakin banyak. Urea enkapsulasi perlakuan D3F2 memiliki dosis keseluruhan 3,6 g dalam satu siklus budidaya. Perlakuan D3F2 menghasilkan kandungan klorofil tertinggi, karena pemberian N semakin tinggi dapat meningkatkan jumlah klorofil yang terbentuk pada daun (Fathi, 2022). Kailan menghasilkan kandungan klorofil tinggi akibat pemberian urea enkapsulasi dengan dosis tinggi dan frekuensi pemupukan 4 kali pada umur 5, 10, 15 dan 20 HST.

Pemberian 3 tablet urea enkapsulasi sebanyak 4 kali menghasilkan rerata kandungan klorofil daun tertinggi $782,31 \mu\text{mol}/\text{m}^2$. Nilai ini setara dengan 480 kg/ha urea enkapsulasi untuk meningkatkan kandungan klorofil daun tanaman kailan.

KESIMPULAN

Pupuk urea enkapsulasi dapat dibuat dari penyalut zeolit alam, alginat, dan tepung sagu dengan perbandingan 2:1:1 yang membentuk matriks enkapsulasi keras dan tidak cepat larut. Tingkat pelarutan pupuk urea enkapsulasi terbaik diperoleh melalui penimbunan dengan tanah lembap. Interaksi terbaik dosis dan frekuensi pemberian urea enkapsulasi pemberian 3 tablet sebanyak 2 kali menghasilkan bobot segar tanaman terbaik sebesar 99,27 g, sedangkan pemberian 3 tablet sebanyak 4 kali menghasilkan kandungan klorofil daun terbaik dengan kadar klorofil daun $782,31 \mu\text{mol}/\text{m}^2$.

DAFTAR PUSTAKA

- Artika, R., Syamsuwirman, & Putra, D. P. (2021). Pengaruh Pemberian Bokashi Pupuk Kandang Sapi Terhadap Pertumbuhan Bibit Vanili (*Vanilla planifolia*). *UNES Journal Mahasiswa Pertanian*, 5(2), 110–122.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2018). Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Indonesia 2018. In *BPS-Statistics Indonesia* (p. viii + 101).

- Beig, B., Niazi, M. B. K., Jahan, Z., Hussain, A., Zia, M. H., & Mehran, M. T. (2020). Coating materials for slow release of nitrogen from urea fertilizer: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 43(10), 1510–1533.
- Berliana, Y., Nadhira, A., Wahyudi, E., R., W., & Nurhayati, N. (2022). Growth response and production of kailan plant (*Brassica oleracea* var. Alboglabra) on provision of banana gedebog poc and cow state fertilizer. *International Journal of Economic, Business, Accounting, Agriculture Management and Sharia Administration (IJEBAAS)*, 2(2), 189–196.
- Duan, Q., Jiang, S., Chen, F., Li, Z., Ma, L., Song, Y., Yu, X., Chen, Y., Liu, H., & Yu, L. (2023). Fabrication, evaluation methodologies and models of slow-release fertilizers: A review. *Industrial Crops and Products*, 192(December), 116075.
- Fathi, A. (2022). Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: A review. *Agrisost*, 28(October).
- Ghasiani, H., Rohadi, S., & Nazarudin, M. (2021). Pengaruh Konsentrasi Dan Frekuensi Pemberian Pupuk Organik Cair Dari Limbah Kulit Buah Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *J Agronomika*, 1(4), 239–246.
- Handayani, F. E., S, S. R., & Maryanto, J. (2020). Pengaruh komposisi media tanam dan dosis pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleracea* var. Alboglabra). *Agro Wiralodra*, 3(2), 36–45.
- Hariyadi, B. W., Huda, N., & Nurlina. (2019). Analysis of growth And Plantbaby Kai-Lan (*Brassica alboglabra* L.) The Use of Various Doses of Fertilizer Urea. *Journal Of Agricultural Science And Agriculture Engineering*, 3(1), 1–11.
- Hartono, D. (2023). Perubahan Iklim dan Dampaknya Pada Indonesia. *Jurnal Mirai Management*, 8(2), 170–183.
- Kavitha, R., Latifah, O., Ahmed, O. H., Charles, P. W., & Susilawati, K. (2023). Potential of Rejected Sago Starch as a Coating Material for Urea Encapsulation. *Polymers*, 15(8), 1863.
- Khosiatus, N., Suryawati, A., & Padmini, O. S. (2020). Konsentrasi dan frekuensi pemberian pupuk organik cair biourin sapi “plus” terhadap pertumbuhan dan hasil tomat cherry (*Solanum lycopersicum* Var. cerasiforme). *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UPN Veteran Yogyakarta*, 85–97.
- Lawrencia, D., Wong, S. K., Low, D. Y. S., Goh, B. H., Goh, J. K., Ruktanonchai, U. R., Soottitantawat, A., Lee, L. H., & Tang, S. Y. (2021). Controlled Release Fertilizers: A Review on Coating Materials and Mechanism of Release. *Plants*, 10(2), 238.
- Musadik, I. M., & Agustin, H. (2021). Efektivitas Kasgot sebagai Media Tanam terhadap Produksi Kailan. *Agrin*, 25(2), 150.
- Pamlényi, K., Kristó, K., Jójárt-Laczkovich, O., & Regdon, G. (2021). Formulation and Optimization of Sodium Alginate Polymer Film as a Buccal Mucoadhesive Drug Delivery System Containing Cetirizine Dihydrochloride. *Pharmaceutics*, 13(5), 619.
- Rashidzadeh, A., Olad, A., & Reyhanitabar, A. (2015). Hydrogel/clinoptilolite nanocomposite-coated fertilizer: swelling, water-retention and slow

- release fertilizer properties. *Polymer Bulletin*, 72(10), 2667–2684.
- Rizal, S. (2017). pengaruh nutrisi terhadap perrumbuhan tanaman sawi pakcoy (Brassicca rapa L.) yang di tanam secara hidroponik. *Sainmatika*, 14(1), 38–44.
- Rugayah, Hermida, L., Ginting, Y. C., Agustian, J., & Agsya, M. P. (2018). Uji Aplikasi Berbagai Jenis Pupuk Urea Lepas Lambat (Slow Release Urea) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kailan (Brassica oleraceae L.). *Prosiding Semnas SINTA FT UNILA*, 1, 42–48.
- Safira, M. L., Kurniawan, H. A., Rochana, A., & Indriani, N. P. (2019). Pengaruh Pemupukan Nitrogen Terhadap Produksi Dan Kualitas Hijauan Kacang Koro Pedang (Canavalia gladiata). *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis Dan Ilmu Pakan*, 1(1), 25–33.
- Silawibawa, I. P., Dulur, N. W. D., Wayan, N., & Sutriyono, R. (2021). Pengaruh Pemberian Mikoriza Arbuskular, Pupuk Urea Dan Pupuk Organik Cair Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Kacang Tanah. *Prosiding SAINTEK*, 3, 9–10.
- Sopacua, B. N. H. (2016). Pengaruh Pemberian Dosis Urea Dan Waktu Pemupukan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sambiloto (Andrographis paniculata Ness). *Triton*, 7(2), 1–23.
- Swify, S., Mažeika, R., Baltrusaitis, J., Drapanauskaitė, D., & Barčauskaitė, K. (2023). Review: Modified Urea Fertilizers and Their Effects on Improving Nitrogen Use Efficiency (NUE). *Sustainability*, 16(1), 188.
- Tairo, E. V., & Ndakidemi, P. A. (2013). Possible Benefits of Rhizobial Inoculation and Phosphorus Supplementation on Nutrition , Growth and Economic Sustainability in Grain Legumes. *American Journal of Research Communication*, 1(12), 532–556.
- Tei, F., De Neve, S., de Haan, J., & Kristensen, H. L. (2020). Nitrogen management of vegetable crops. *Agricultural Water Management*, 240, 106316.
- Triadiawarman, D., & Rudi, R. (2019). Pengaruh Dosis dan Interval Waktu Pemberian Pupuk Organik Cair Daun Gamal Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.). *Jurnal Pertanian Terpadu*, 7(2), 166–172.
- Wang, X., Yang, Y., Zhong, S., Meng, Q., Li, Y., Wang, J., Gao, Y., & Cui, X. (2024). Advances in controlled-release fertilizer encapsulated by organic-inorganic composite membranes. *Particuology*, 84, 236–248.
- Zafari, J. K., & Mohammadi, N. K. (2019). A Review on Drip Fertigation on Field Crops. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(11), 722–729.