

Studi Integrasi *Seed Coating Fe* dan Inkubasi Pupuk Organik Limbah Sagu dalam Pengoptimalan Pertumbuhan Padi

Study on the Integration of Fe Seed Coating and Sago Waste Organic Fertilizer Incubation for Optimizing Rice Growth

Emmy Fadhila^{1*}, Burhanuddin Rasyid¹, Muh. Jayadi¹

¹Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar, Indonesia

*Corresponding email: emmyfadhila61@gmail.com

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa*) production in Indonesia has declined due to low iron (Fe) availability in alkaline soils, impacting plant growth and yield. Integrating Fe seed coating with sago (*Metroxylon* sp.) waste organic fertilizer may improve Fe availability and soil quality, offering a potential solution to enhance rice production. Our objective was to examine the effects of Fe seed coating and the incubation of sago waste organic fertilizer on rice growth. The study employed a factorial 2-factor randomized block design. The first factor was the concentration of Fe seed coating, with four levels: 0 g, 55 g with 2.5 g gypsum, 110 g with 5 g gypsum, and 275 g with 12.5 g gypsum. The second factor was the incubation time of organic fertilizer, with four durations: 0 weeks, 3 weeks, 4 weeks, and 5 weeks. The interaction between Fe seed coating and sago waste organic fertilizer incubation significantly impacted plant height (153.33 cm), leaf color chart scale (4), chlorophyll a (254.73 $\mu\text{mol.m}^{-2}$), chlorophyll b (96.90 $\mu\text{mol.m}^{-2}$), with the most notable effects observed at a Fe seed coating concentration of 275 g with 12.5 g of gypsum and a 5-week incubation period. The application of Fe seed coating at a concentration of 275 g with 12.5 gypsum, combined with a 5-week of sago waste organic fertilizer, effectively enhances plant height, chlorophyll a, chlorophyll b, and the leaf color chart scales.

Keyword: Incubation, sago waste, rice, seed coating Fe

ABSTRAK

Produksi padi (*Oryza sativa*) di Indonesia menurun akibat ketersediaan zat besi (Fe) yang rendah di tanah alkalin, yang memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Integrasi pelapisan benih dengan Fe dan pupuk organik limbah sagu (*Metroxylon* sp.) dapat meningkatkan ketersediaan Fe dan kualitas tanah, menawarkan solusi potensial untuk meningkatkan produksi padi. Tujuan kami adalah untuk mengkaji efek pelapisan benih dengan Fe dan inkubasi pupuk organik limbah sagu terhadap pertumbuhan padi. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial 2 faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi pelapisan benih dengan Fe, dengan empat tingkat: 0 g, 55 g dengan 2,5 g gipsum, 110 g dengan 5 g gipsum, dan 275 g dengan 12,5 g gipsum. Faktor kedua adalah waktu inkubasi pupuk organik, dengan empat durasi: 0 minggu, 3 minggu, 4 minggu, dan 5 minggu. Interaksi antara pelapisan benih dengan Fe dan inkubasi pupuk organik limbah sagu secara signifikan mempengaruhi tinggi tanaman (153,33 cm), skala warna daun (4), klorofil a (254,73 $\mu\text{mol.m}^{-2}$), klorofil b (96,90 $\mu\text{mol.m}^{-2}$), dengan efek paling mencolok diamati pada konsentrasi pelapisan benih dengan Fe sebesar 275 g dengan 12,5 g gipsum dan periode inkubasi 5 minggu. Aplikasi pelapisan benih dengan Fe pada konsentrasi 275 g dengan 12,5 g gipsum, dikombinasikan dengan 5 minggu inkubasi pupuk organik limbah sagu, secara efektif meningkatkan tinggi tanaman, klorofil a, klorofil b, dan skala warna daun.

Keyword: Inkubasi, limbah sagu, padi, seed coating Fe

1. PENDAHULUAN

Padi merupakan salah satu pangan utama bagi sebagian besar penduduk Indonesia, sehingga upaya peningkatan produksi padi menjadi salah satu tugas penting dalam bidang pertanian. Akan tetapi dalam upaya ekstensifikasi padi terdapat beberapa kendala yang dihadapi yang menyebabkan menurunnya tingkat produksi padi di Indonesia. Berdasarkan hasil survei KSA (Kerangka Sampel Area) yang telah dilakukan oleh BPS (Badan Pusat Statistik) pada tahun 2021, luas panen padi mencapai sekitar 10.14 juta hektar atau mengalami penurunan sebanyak 245.47 ribu hektar (2.30 persen) dibandingkan tahun 2020. Sementara itu produksi padi tahun 2021 yaitu sebesar 54.42 juta to GKG. Jika dikonversikan menjadi beras, produksi beras tahun 2021 mencapai sekitar 31.36 juta ton, atau turun sebesar 140.73 ribu ton (0.45 persen) dibandingkan dengan produksi beras tahun 2020.

Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan produksi padi adalah rendahnya kelarutan Fe pada tanah alkalis. Kelarutan Fe dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH tanah, semakin tinggi pH tanah maka kelarutan Fe dalam tanah akan semakin sedikit. Sebagai unsur hara esensial, tanaman padi membutuhkan sekitar 100-200 mg.kg⁻¹ Fe untuk dapat melakukan proses metabolisme dengan baik (Tanaka dan Tadano 1972). Fe berperan dalam penyusunan klorofil dan kofaktor enzim, berperan dalam perkembangan kloroplas, serta berperan penting dalam transfer elektron pada proses respirasi. Sehingga kekurangan Fe dapat menyebabkan tidak optimalnya fungsi beberapa enzim, terhambatnya pembentukan klorofil yang dapat menyebabkan klorosis pada daun (Purba *et al.*, 2021).

Seiring dengan perkembangan teknologi, *seed coating* Fe dapat menjadi salah satu alternatif penyedia Fe dalam tanah. *Seed coating* Fe merupakan proses pelapisan benih dengan unsur Fe yang bertujuan memungkinkan benih tetap bertahan di bawah kendala-kendala lingkungan sekitarnya. Selain sebagai alternatif penyedia Fe dalam tanah, *seed coating* Fe juga dapat meningkatkan perkecambahan benih (Zhao *et al.*, 2020), menekan penularan penyakit antar benih (Miyagawa *et al.*, 2013), dan meminimalisir serangan hama burung pada sistem *direct seeding* (Mori *et al.*, 2012). Hingga saat ini, teknologi *seed coating* Fe masih dalam tahap penelitian dan proses introduksi pada berbagai wilayah dengan kondisi lingkungan yang berbeda.

Rendahnya ketersediaan beberapa unsur hara dalam tanah tidak lepas dari dampak terjadinya penurunan kualitas tanah. Salah satu faktor yang memicu penurunan kualitas tanah adalah penggunaan pupuk anorganik yang dilakukan secara terus menerus. Penggunaan pupuk

anorganik yang dilakukan secara terus menerus dapat mengakibatkan ketidakseimbangan unsur hara di dalam tanah, struktur tanah menjadi rusak, dan mikrobiologi dalam tanah sedikit (Murnita, 2021) sehingga dibutuhkan substitusi pupuk anorganik yang tetap dapat menyuplai kebutuhan hara tanaman tanpa menurunkan kualitas tanah. Leszczyńska (2011) mengungkapkan bahwa bahan organik sebagai pupuk organik dapat meningkatkan kadar hara, meningkatkan kemampuan kimiawi, fisik, dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah.

Salah satu sumber daya nabati yang berpotensi menjadi pupuk organik adalah limbah sagu. Dalam proses ekstraksi pati sagu, juga dihasilkan ampas sagu yang merupakan limbah dari empulur sagu yang diambil patinya (Wahida dan Agustina, 2017). Menurut Falch (1997), ampas yang dihasilkan selama proses pati ini sekitar 14% dari total berat basah sagu. Hingga saat ini, ampas sagu masih belum banyak dimanfaatkan dan justru menjadi limbah. Jika dilakukan pengolahan dengan baik, ampas sagu dapat menjadi pupuk organik yang dapat meningkatkan kualitas tanah. Menurut Zaimah dan Prihastani (2012), limbah sagu kaya akan unsur nitrogen, posfat, kalium, calcium dan magnesium yang jika termineralisasi dengan baik maka dapat menyediakan hara bagi tanaman. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian terkait introduksi teknologi *seed coating* Fe dan inkubasi pupuk organik limbah sagu untuk pertumbuhan padi.

2. METODOLOGI

2.1 Tempat dan Waktu

Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan di Politeknik Pembangunan Pertanian Gowa, Kecamatan Bontomarannu, Sungguminasa, Kabupaten Gowa. Pelaksanaan penelitian dilakukan di *Green House Center of Excellence (CoE) Perbenihan, Teaching Farm*, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar. Analisis sampel tanah dan limbah sagu dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari Maret 2022 hingga selesai.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah ember, timbangan analitik, kamera digital, oven, spektrofotometer, flamefotometer, *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* bagan warna daun, dan *Chlorophyll Content Meter (CCM 200⁺)*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1000 g benih padi varietas Membramo, 550 g konabijin (*iron powder S91 pre-mix*), 25 g gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$) pupuk anorganik (Urea, ZA, NPK), limbah tanaman sagu.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam bentuk percobaan yang disusun menurut Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 2 Faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi *seed coating* Fe yang terdiri atas empat taraf yaitu A1 = 0 g *seed coating*, A2 = Fe 55 g : gipsum 2,5 g, A3 = Fe 110 g : gipsum 5 g, A4 = Fe 275 g : gipsum 12,5 g yang diaplikasikan pada setiap 200 g benih padi pada masing-masing taraf perlakuan. Faktor kedua adalah waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu yang terdiri atas 4 taraf yaitu B1= 0 minggu, B2= 3 minggu, B3= 4 minggu, dan B4= 5 minggu. Dalam penelitian ini terdapat 16 unit perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 48 kombinasi perlakuan, dengan detail rincian pada tabel berikut.

Tabel 1. Perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi limbah sagu

Kode Kombinasi Perlakuan	Konsentrasi <i>Seed Coating</i> Fe (g) : gypsum (g)	Waktu Inkubasi (Minggu)
A1B1	0 : 0	0
A1B2	0 : 0	3
A1B3	0 : 0	4
A1B4	0 : 0	5
A2B1	55 : 2,5	0
A2B2	55 : 2,5	3
A2B3	55 : 2,5	4
A2B4	55 : 2,5	5
A3B1	110 : 5	0
A3B2	110 : 5	3
A3B3	110 : 5	4
A3B4	110 : 5	5
A4B1	275 : 12,5	0
A4B2	275 : 12,5	3
A4B3	275 : 12,5	4
A4B4	275 : 12,5	5

2.4 Tahapan Penelitian

2.4.1 Persiapan dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan studi pustaka yang berhubungan dengan topik penelitian, yang dilanjutkan dengan pengumpulan data sekunder dan pengumpulan alat dan bahan yang akan digunakan.

2.4.2 Pengambilan Sampel tanah

Pengambilan sampel tanah yang digunakan untuk media tanam diambil pada kedalaman 20 cm dengan kondisi drainase, warna, dan sejarah pemupukan yang homogen. Sampel tanah yang digunakan untuk keperluan analisis kondisi awal tanah berupa 100 g sampel tanah terganggu. Setelah proses inkubasi, kembali dilakukan pengambilan 100 g sampel tanah terganggu untuk analisis pengaruh aplikasi dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu terhadap sifat kimia tanah.

2.4.3 Pengolahan Limbah Tanaman Sagu

Limbah tanaman sagu yang digunakan diperoleh dari ampas sagu yang telah diperas untuk diambil patinya. Limbah tanaman sagu kemudian dikeringkan dan ditambahkan ke setiap pot perlakuan dengan dosis sesuai dengan perlakuan yang digunakan.

2.4.4 Penyiapan Media dan Penambahan Pupuk Organik

Tanah yang digunakan sebagai media tanam dikeringanginkan kemudian dilakukan penyeragaman tekstur dengan pengayakan. Setelah tekstur tanah seragam, kemudian tanah ditimbang hingga berat tanah untuk setiap pot mencapai 10 kg dan dimasukkan ke dalam pot. Selanjutnya tanah yang telah dimasukkan ke dalam pot masing-masing ditambahkan 50 g limbah tanaman sagu.

2.4.5 Inkubasi Tanah

Proses inkubasi dilakukan dengan mencampur tanah dengan pupuk organik limbah tanaman sagu kemudian menambahkan air pada media tanam hingga mencapai kondisi kapasitas lapang yang ditandai dengan sudah tidak adanya air yang keluar atau menetes dari pot dan diinkubasi sesuai perlakuan waktu inkubasi (Dwiratna dan Suryadi, 2017).

2.4.6 Penyiapan Benih

Sebelum dilakukan *seed coating* Fe, benih yang digunakan harus diseleksi dengan cara menyeragamkan ukuran benih yang digunakan dan memeriksa apakah benih yang digunakan memiliki kualitas yang masih bagus atau tidak.

2.4.7 Seed Coating Fe

Proses *seed coating* dilakukan berdasarkan metode *Iron Coating For Direct Seeded Rice* oleh *Steel Research Laboratory*, dengan rekomendasi perbandingan dosis Fe : gypsum : benih adalah masing-masing 550 g : 25 g : 1000 g. Proses *seed coating* dilakukan dalam tiga tahap yang meliputi tahap *granulation*, *rusting* dan *drying* (JFE GIHO, 2016).

2.4.8 Penanaman

Penanaman pada pot perlakuan dilakukan dengan kondisi tanah yang basah tapi tidak tergenang dengan menggunakan sistem tanam *direct seeding* (tanam langsung). Pada setiap pot perlakuan terdapat 2 lubang tanam yang ditanami benih sebanyak 3 benih pada setiap lubang tanam.

2.4.9 Penyulaman

Penyulaman dilakukan dengan mengganti tanaman yang tidak tumbuh atau tanaman yang mati dengan tanaman baru. Penyulaman dilakukan 7-14 hari setelah tanam. Bibit yang dipersiapkan untuk penyulaman adalah bibit yang ditanam bersamaan dengan tanaman percobaan.

2.4.10 Pemupukan

Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk anorganik pada dosis pupuk 50% dari dosis anjuran. Dosis anjuran adalah NPK 225 kg.ha⁻¹, Urea 175 kg.ha⁻¹, dan ZA 100 kg.ha⁻¹. Sehingga dosis pupuk yang digunakan adalah NPK 112.5 kg.ha⁻¹, Urea 87.5 kg.ha⁻¹, dan ZA 50 kg.ha⁻¹ (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2020). Pemupukan dilakukan sebanyak tiga kali. Pemupukan pertama saat tanaman padi berumur 14 HST, pemupukan kedua saat tanaman padi berumur 45 HST, dan pemupukan ketiga saat padi berumur 60 HST.

2.4.11 Pengairan

Teknik pengairan yang digunakan adalah sistem pengairan berselang (*intermittent irrigation*) dengan melakukan pergiliran air selang 3 hari. Tinggi genangan pada hari pertama tanah diairi adalah 3 cm dan selama dua hari berikutnya tidak ada penambahan air, kemudian tanah diairi lagi pada hari keempat. Metode pengairan ini berlangsung sampai fase anakan maksimal. Saat padi memasuki fase pembentukan malai, dilakukan penggenangan secara terus menerus.

2.4.12 Parameter Pengamatan

Penelitian ini menggunakan berbagai parameter untuk mengevaluasi pertumbuhan tanaman padi. Tabel berikut menyajikan parameter pengamatan beserta satuan dan metode pengukurannya:

Tabel 2. Parameter pengamatan

Parameter	Satuan	Metode Pengukuran
Tinggi tanaman	cm	Diukur dari pangkal batang hingga ujung daun paling tinggi
Jumlah anakan per rumpun tanaman	batang	Dihitung dari jumlah pada anakan rumpun
Jumlah anakan produktif per rumpun tanaman	malai	Dihitung dari jumlah anakan yang mengeluarkan malai
Klorofil daun tanaman	$\mu\text{mol.m}^{-2}$	Dihitung dengan menggunakan <i>Chlorophyll Content Meter</i> (CCM 200+)
Klorofil a	$\mu\text{mol.m}^{-2}$	Menggunakan rumus (Geonvalces, 2011)
Klorofil b	$\mu\text{mol.m}^{-2}$	Menggunakan rumus (Geonvalces, 2011)
Total klorofil	$\mu\text{mol.m}^{-2}$	Menggunakan rumus (Geonvalces, 2011)
Warna daun tanaman		Diamati dengan menggunakan skala Bagan Warna Daun (BWD)
Berat segar tajuk per rumpun tanaman	g.rumpun^{-1}	Diukur menggunakan timbangan digital setelah dipisahkan dari akarnya
Berat kering tajuk per rumpun tanaman	g.rumpun^{-1}	Diukur menggunakan timbangan digital setelah dioven pada suhu 65°C - 70°C hingga berat konstan

2.4.13 Analisis Jaringan Limbah Sagu

Penelitian ini juga mencakup analisis jaringan tanaman limbah sagu untuk mengidentifikasi perbaikan yang diperlukan dalam pengelolaan tanah dan pupuk untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman padi. Tabel berikut menyajikan hasil analisis jaringan tanaman limbah sagu yang digunakan:

Tabel 3. Hasil analisis jaringan tanaman limbah sagu

Jenis Analisis	Metode	Pustaka	Nilai
pH	Elektrometri	USDA (2004)	6,84
C-Organik (%)	Wakley and Black	USDA (2004)	6,47
N-Total (%)	Kjeldhal	AOAC (2000)	0,57
P-Total (mg.kg^{-1})	Ekstrak HCl 25%	AOAC (2000)	1,83
K (cmol.kg^{-1})	Ekstraksi Amonium Asetat (NH_4OAc)	AOAC (2000)	1,2
Ca (%)	<i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS)	AOAC (2000)	0,35

Jenis Analisis	Metode	Pustaka	Nilai
Na (cmol.kg ⁻¹)	Ekstraksi Amonium Asetat (NH ₄ OAc)	AOAC (2000)	0,93
Mg (%)	<i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	AOAC (2000)	0,18

2.4.14 Analisis Tanah Sebelum Inkubasi

Sebelum pelaksanaan inkubasi, dilakukan analisis tanah untuk mengetahui kondisi awal tanah yang digunakan dalam penelitian. Tabel berikut menyajikan hasil analisis tanah sebelum inkubasi:

Tabel 4. Hasil analisis tanah sebelum inkubasi

Jenis Analisis	Metode	Nilai	Kriteria	Pustaka
Tekstur	Hidrometer		Liat	Bouyoucos (1962)
Pasir (%)		17		
Debu (%)		37		
Liat (%)		46		
pH Tanah	Elektrometri	7,14	Netral	USDA (2004)
C-Organik (%)	Wakley and Black	1,02	Rendah	USDA (2004)
N-Total (%)	Kjeldhal	0,03	Sangat rendah	USDA (2004)
P-Total (mg.kg ⁻¹)	Ekstrak HCl 25%	26.63	Sedang	Sudjaji <i>et al.</i> (1971)
K (cmol.kg ⁻¹)	Ekstraksi Amonium Asetat (NH ₄ OAc)	0,29	Rendah	Hesse (1971)
Ca (cmol.kg ⁻¹)	Ekstraksi Amonium Asetat (NH ₄ OAc)	7.54	Sedang	Hesse (1971)
Na (cmol.kg ⁻¹)	Ekstraksi Amonium Asetat (NH ₄ OAc)	0.31	Rendah	Hesse (1971)
Mg (cmol.kg ⁻¹)	Ekstraksi Amonium Asetat (NH ₄ OAc)	0.78	Rendah	Hesse (1971)
KTK (cmol.kg ⁻¹)	Ekstraksi Amonium Asetat (NH ₄ OAc)	21,67	Sedang	ISRIC (1993)
Fe (%)	<i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	6,17	Cukup	ISRIC (1993)

2.4.15 Analisis Tanah Setelah Inkubasi

Analisis tanah setelah inkubasi dilakukan dengan menganalisis kadar C-Organik, pH, N, P, dan K.

2.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil rancangan acak kelompok faktorial 2 faktor dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) untuk mengetahui adanya pengaruh dari perlakuan yang dicobakan, jika terdapat pengaruh maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNj pada taraf kepercayaan 95% dengan menggunakan *software* STAR (*Statistic Tool for Agricultural Research*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Tanah setelah Inkubasi Pupuk Organik Limbah Sagu

Hasil analisis tanah setelah periode inkubasi menunjukkan penurunan yang signifikan dalam nilai pH tanah seiring dengan peningkatan durasi inkubasi. Sebelum perlakuan, pH tanah tercatat pada nilai 7.14, yang kemudian mengalami penurunan menjadi sekitar 6.58 (A2B1) dan 6.53 (A1B4) setelah inkubasi berlangsung. Penurunan pH ini dikaitkan dengan peningkatan konsentrasi ion H^+ yang dilepaskan oleh bahan organik yang diintroduksi ke dalam tanah selama proses inkubasi. Penelitian sebelumnya, seperti yang disampaikan oleh Bayer et al. (2001), menggarisbawahi bahwa fluktuasi pH tanah terutama dipengaruhi oleh konsentrasi ion H^+ dan OH^- . Peningkatan ion H^+ secara signifikan mengurangi pH tanah, sedangkan peningkatan ion OH^- dapat meningkatkannya dalam larutan tanah.

Pengujian parameter C-organik tanah menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam persentase kandungan C-organik dari 1.02% sebelum inkubasi menjadi 2.11% hingga 2.80% setelah proses inkubasi. Selama periode inkubasi, persentase kandungan C-organik meningkat seiring dengan bertambahnya durasi inkubasi. Perlakuan dengan kandungan C-organik terendah (2.11%) diamati pada perlakuan A2B1, sedangkan kandungan tertinggi (2.80%) terdeteksi pada perlakuan A1B4. Penambahan bahan organik ke dalam tanah diketahui berperan penting dalam meningkatkan kandungan C-organik. Afandi et al. (2015) mengemukakan bahwa penambahan bahan organik memiliki korelasi positif dengan peningkatan kandungan C-organik tanah. Penelitian oleh Utami dan Handayani (2003) juga mengindikasikan bahwa pemberian bahan organik tidak hanya meningkatkan kandungan C-organik tanah tetapi juga memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Karbon, sebagai sumber energi utama bagi mikroorganisme tanah, memfasilitasi peningkatan aktivitas mikroorganisme yang mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Selama masa inkubasi, bahan organik mengalami dekomposisi bertahap akibat penggunaan unsur hara karbon oleh mikroorganisme

untuk proses respirasi. Zimmerman (1979) menyatakan bahwa penggunaan karbon oleh mikroorganisme dalam proses respirasi berimplikasi pada peningkatan laju dekomposisi bahan organik dalam tanah, yang pada gilirannya meningkatkan kandungan C-organik secara keseluruhan.

Studi terhadap parameter N-total tanah menunjukkan adanya peningkatan signifikan dari 0.03% sebelum inkubasi menjadi kisaran 0.15% (A2B1) hingga 0.53% (A1B4) setelah perlakuan inkubasi. Rendahnya N-total pada perlakuan A2B1 kemungkinan besar disebabkan oleh penambahan bahan organik secara langsung tanpa proses inkubasi sebelumnya, sehingga mikroorganisme tanah tidak memiliki cukup waktu untuk melakukan mineralisasi nitrogen secara optimal. Hal ini sejalan dengan pendapat Dwiratna dan Suryadi (2017), yang menekankan bahwa inkubasi tanah bertujuan untuk memberikan waktu bagi mikroorganisme dalam membantu dekomposisi bahan organik. Nitrogen yang terkandung dalam bahan organik tidak dapat langsung diserap oleh tanaman; Bolan dan Hedley (2003) mengungkapkan bahwa hal ini perlu melalui beberapa tahapan mineralisasi yang melibatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Demikian, waktu inkubasi yang cukup sangat penting untuk memastikan bahwa bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah dapat terurai sepenuhnya dan menghasilkan nitrogen yang tersedia bagi tanaman.

Analisis parameter fosfor (P) tanah mengindikasikan peningkatan signifikan dari 26.63 mg.kg⁻¹ sebelum inkubasi menjadi 38.62 mg.kg⁻¹ (A2B2) hingga 45.31 mg.kg⁻¹ (A1B4) setelah inkubasi. Meskipun tidak terjadi peningkatan yang konsisten dari kontrol hingga perlakuan dengan waktu inkubasi terlama, peningkatan kandungan fosfor tanah masih diamati seiring dengan bertambahnya durasi inkubasi. Peningkatan kandungan fosfor tanah setelah perlakuan inkubasi dapat diatribusikan pada pengaplikasian bahan organik yang diberikan pada setiap pot percobaan. Penelitian oleh Saïdy et al. (2003) menunjukkan bahwa penambahan bahan organik mampu meningkatkan ketersediaan fosfor sebesar 86-117%.

Evaluasi parameter kalium (K) tanah menunjukkan bahwa sebelum inkubasi, kadar K hanya sebesar 0.29 cmol.kg⁻¹. Setelah perlakuan inkubasi dan penambahan pupuk organik, kadar K meningkat hingga 0,64 cmol.kg⁻¹. Peningkatan kadar K ini dapat diatribusikan pada penambahan pupuk organik. Penelitian yang dilakukan oleh Rahma et al. (2019) mendukung temuan ini, di mana mereka menyelidiki peningkatan unsur hara kalium dalam tanah dengan pengaplikasian POC batang pisang dan sabut kelapa. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa perlakuan pupuk organik cair sabut kelapa pada dosis 100 ml.pot⁻¹ menghasilkan nilai

rata-rata tertinggi sebesar 0.63 cmol.kg⁻¹ terhadap peningkatan K dalam tanah, serta berpengaruh signifikan terhadap kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Tabel berikut menyajikan hasil analisis tanah setelah inkubasi pada durasi waktu:

Tabel 5. Hasil analisis tanah setelah inkubasi pupuk organik limbah sagu

Waktu Inkubasi (Minggu)	pH	C-Organik (%)	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (cmol.kg ⁻¹)
0	6.58	2.11	0.15	40.50	0.40
3	6.57	2.37	0.18	38.62	0.31
4	6.54	2.42	0.27	43.56	0.40
5	6.53	2.80	0.53	45.31	0.64

3.2 Skala Bagan Warna Daun (BWD)

Analisis parameter skala bagan warna daun (BWD), baik perlakuan seed coating Fe maupun waktu inkubasi tanah menunjukkan pengaruh signifikan terhadap hasil yang diamati, memberikan efek positif yang jelas. Berdasarkan analisis rata-rata, skala BWD tertinggi (4.00) tercatat pada perlakuan A1B4 dan A4B4, sementara skala BWD terendah (2.00) diperoleh dari perlakuan A2B1. Temuan ini mengindikasikan bahwa perlakuan dengan waktu inkubasi terlama (B4) memberikan skala BWD tertinggi, karena inkubasi selama 5 minggu memungkinkan mineralisasi unsur hara seperti nitrogen dari bahan organik menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman. Ketersediaan nitrogen yang lebih tinggi pada perlakuan B4 dibandingkan dengan perlakuan inkubasi yang lebih pendek (B1, B2, B3) berperan penting dalam pembentukan klorofil, yang mempengaruhi warna daun. Nugroho (2015) mencatat bahwa nitrogen adalah unsur utama penyusun klorofil yang esensial dalam proses fotosintesis, sementara Li et al. (2014) menekankan bahwa nitrogen merupakan unsur hara utama yang terkait dengan warna daun, pertumbuhan, dan hasil tanaman. Skala BWD yang diperoleh dalam penelitian ini, yaitu antara 2.00 hingga 4.00, menunjukkan bahwa tanaman mungkin kekurangan nitrogen, sebagaimana dinyatakan oleh Erythrina (2016), yang menyarankan pemberian pupuk nitrogen tambahan jika lebih dari enam dari sepuluh daun yang diamati berada di bawah skala 4. Kebutuhan tambahan nitrogen mungkin disebabkan oleh dosis pupuk yang tidak memadai sesuai dengan rekomendasi untuk tanaman padi di wilayah spesifik. Meski bahan organik yang ditambahkan memberikan nitrogen, suplai dari pupuk mineral tambahan tetap diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tanaman secara optimal. Tabel berikut

menyajikan rata-rata skala bagan warna daun pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi:

Tabel 6. Rata-rata skala bagan warna daun tanaman berbagai konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu

Konsentrasi <i>Seed Coating</i> Fe (g) : gipsum (g)	Waktu Inkubasi (Minggu)				NP _A BNJ
	0	3	4	5	
0 : 0	2.33 ^{bq}	2.83 ^{bp}	3.00 ^{bp}	4.00 ^{ap}	0.7
55 : 2,5	2.00 ^{bq}	3.00 ^{ap}	3.33 ^{ap}	3.66 ^{ap}	
110 : 5	3.16 ^{ap}	3.00 ^{ap}	3.16 ^{ap}	3.33 ^{ap}	
275 : 12,5	3.16 ^{bp}	3.00 ^{bp}	3.5 ^{abp}	4.00 ^{ap}	
NP _B BNJ	0.7				

* Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (ab) dan pada baris (pq) berarti tidak berbeda nyata menurut Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$

3.3 Klorofil Daun

3.3.1 Klorofil a

Perlakuan *seed coating* Fe dan lama inkubasi tanah menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan, memberikan efek positif terhadap parameter yang diamati. Berdasarkan analisis rata-rata, perlakuan A4B4 menghasilkan kadar klorofil a daun tertinggi ($254.73 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$), sementara kadar terendah ($129.70 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$) terdapat pada perlakuan A1B1. Sidik ragam menunjukkan bahwa lama inkubasi tanah juga memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kandungan klorofil a tanaman. Penambahan bahan organik selama inkubasi tanah secara tidak langsung mempengaruhi jumlah klorofil a yang terbentuk pada tanaman. Kandungan klorofil a tertinggi tercatat pada perlakuan A4B4, yang merupakan perlakuan dengan waktu inkubasi terlama. Semakin lama waktu inkubasi tanah, semakin banyak senyawa anorganik dari bahan organik yang termineralisasi, sehingga meningkatkan kandungan klorofil a. Temuan ini konsisten dengan penelitian Arifyansah et al. (2020), yang menunjukkan bahwa penambahan bahan organik berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan kandungan klorofil pada tanaman *wheatgrass*. Selama proses inkubasi, bahan organik melepaskan unsur hara seperti nitrogen dan fosfor, yang berperan dalam optimalisasi pembentukan klorofil. Augustine dan Suhardjono (2016) juga mengungkapkan bahwa kandungan klorofil dipengaruhi oleh unsur hara nitrogen dan fosfor. Analisis tanah setelah inkubasi menunjukkan

peningkatan kadar unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium seiring dengan Panjang durasi inkubasi. Nitrogen dan fosfor berperan penting dalam pembentukan sel baru dan sebagai komponen utama dalam senyawa organik tanaman seperti asam amino, asam nukleat, klorofil, ADP, dan ATP. Tabel berikut menyajikan rata-rata klorofil a daun tanaman pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi:

Tabel 7. Rata-rata klorofil a ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$) daun tanaman berbagai konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu

Konsentrasi <i>Seed Coating</i> Fe (g) : gypsum (g)	Waktu Inkubasi (Minggu)				NP _A BNJ
	0	3	4	5	
0 : 0	129.70 ^c _r	185.50 ^b _p	211.63 ^{ab} _p	232.66 ^a _p	37.0
55 : 2,5	163.53 ^c _{qr}	193.90 ^{bc} _p	218.10 ^{ab} _p	235.13 ^a _p	
110 : 5	172.20 ^b _q	183.46 ^b _p	201.76 ^{ab} _p	223.86 ^a _p	
275 : 12,5	212.86 ^b _p	180.93 ^b _p	199.00 ^b _p	254.73 ^a _p	
NP _B BNJ	37.0				

* Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (abc) dan pada baris (pqr) berarti tidak berbeda nyata menurut Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$

3.3.2 Klorofil b

Dalam analisis klorofil b daun, baik perlakuan *seed coating* Fe maupun lama inkubasi tanah menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan terhadap parameter yang diamati. Berdasarkan analisis rata-rata, perlakuan A4B4 menghasilkan kadar klorofil b daun tertinggi ($96.60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$), sementara kadar terendah ($69.66 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$) ditemukan pada perlakuan A2B1. Peningkatan kandungan klorofil pada perlakuan A4B4 dapat dihubungkan dengan konsentrasi *seed coating* Fe (A4) yang tinggi, yang memungkinkan unsur Fe yang larut dari bahan pelapis diserap oleh tanaman, sehingga mendukung sintesis klorofil. Zat besi (Fe) memiliki peran krusial dalam sintesis klorofil serta pemeliharaan struktur dan fungsi kloroplas. Temuan ini konsisten dengan pernyataan Rout dan Sahoo (2015) yang menyatakan bahwa Fe berperan dalam struktur porfirin klorofil dan merupakan komponen utama kloroplas. Tabel berikut menyajikan rata-rata klorofil b daun tanaman pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi:

Tabel 8. Rata-rata klorofil b ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$) daun tanaman berbagai konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu

Konsentrasi <i>Seed Coating</i> Fe (g) : gipsum (g)	Waktu Inkubasi (Minggu)				NP _A BNJ
	0	3	4	5	
0 : 0	84.60 ^{ab} _p	86.73 ^a _p	84.43	72.33 ^b _q	
55 : 2,5	69.66 ^b _q	78.20 ^{ab} _p	84.46 ^a _p	83.76 ^{ab} _{pq}	
110 : 5	73.13 ^a _{pq}	81.46 ^a _p	79.10 ^a _p	79.53 ^{ab} _q	14.11
275 : 12,5	71.96 ^b _{pq}	83.63 ^{ab} _p	90.33 ^a _p	96.90 ^a _p	
NP _B BNJ	14.11				

* Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (ab) dan pada baris (pq) berarti tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$

3.3.3 Klorofil Total

Dalam analisis klorofil total, perlakuan *seed coating* Fe dan durasi inkubasi tanah menunjukkan pengaruh yang signifikan, memberikan efek positif terhadap parameter yang diamati. Berdasarkan analisis rata-rata, perlakuan A4B3 menghasilkan rata-rata klorofil total daun tertinggi ($333.66 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$), sedangkan perlakuan A1B2 menunjukkan rata-rata klorofil total terendah ($228.53 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$). Rendahnya kandungan klorofil pada perlakuan A1B2 dapat diatributkan pada konsentrasi *seed coating* Fe yang relatif rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Unsur Fe berperan krusial dalam sintesis klorofil, sehingga jumlah klorofil yang terbentuk pada tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan Fe dalam tanah. Eskandari (2011) mengungkapkan bahwa Fe adalah elemen penting dalam tanaman karena perannya dalam berbagai enzim, termasuk siomatochrome yang terlibat dalam rantai transpor elektron, sintesis klorofil, serta pemeliharaan struktur kloroplas dan aktivitas enzim.

Tabel 9. Rata-rata klorofil total ($\mu\text{mol.m}^{-2}$) daun tanaman berbagai konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu

Konsentrasi <i>Seed Coating</i> Fe (g) : gipsum (g)	Waktu Inkubasi (Minggu)				NP _A BNJ	*
	0	3	4	5		
0 : 0	276.03 ^{ab} _{pq}	228.53 ^b _p	297.96	243.86 ^{ab} _q		
55 : 2,5	262.60 ^a _q	270.40 ^{ab} _{pq}	281.53 ^a _{pq}	298.60 ^a _{pq}		
110 : 5	288.73 ^a _{pq}	291.13 ^a _p	273.90 ^a _q	278.30 ^a _{pq}	55.98	
275 : 12,5	328.20 ^a _p	262.96 ^{ab} _{pq}	333.66 ^a _p	327.53 ^a _q		
NP _B BNJ	55.98					

Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (ab) dan pada baris (pq) berarti tidak berbeda nyata menurut Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$

3.4 Tinggi Tanaman

Analisis parameter tinggi tanaman mengonfirmasi bahwa perlakuan *seed coating* Fe dan durasi waktu inkubasi tanah berpengaruh sangat signifikan, memberikan efek positif terhadap parameter yang diamati. Berdasarkan analisis uji rata-rata, perlakuan A4B4 menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi (135.33 cm), sementara perlakuan A1B1 menunjukkan rata-rata tinggi tanaman terendah (115 cm). Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *seed coating* Fe dan durasi waktu inkubasi tanah berkontribusi pada peningkatan tinggi tanaman. Aplikasi *seed coating* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara meningkatkan daya kecambah benih serta memperbaiki pertumbuhan bibit. Klarod et al. (2021) menyatakan bahwa lapisan benih dapat memenuhi kebutuhan nutrisi benih dan berpotensi meningkatkan daya kecambah serta pertumbuhan bibit.

Selain itu, tinggi tanaman yang lebih tinggi pada perlakuan A4B4 dipengaruhi oleh waktu inkubasi tanah yang lebih lama. Semakin lama waktu inkubasi, semakin banyak waktu yang tersedia bagi mikroorganisme tanah untuk menguraikan bahan organik, sehingga lebih banyak senyawa anorganik yang dilepaskan selama proses metabolisme mikroorganisme. Senyawa anorganik ini dapat menjadi unsur hara yang dapat dipertukarkan, meningkatkan kapasitas tukar kation tanah. Sianturi et al. (2017) menyatakan bahwa inkubasi tanah harus diperhatikan dengan seksama agar reaksi bahan organik dengan tanah dapat berlangsung secara optimal, dan hasil mineralisasi bahan organik berperan penting dalam menentukan kapasitas tukar kation

dan ketersediaan hara tanah. Perlakuan waktu inkubasi terlama (B4), dengan durasi inkubasi selama 5 minggu, menghasilkan beberapa unsur hara tertinggi (N, P, K) dibandingkan dengan perlakuan waktu inkubasi lainnya (B1, B2, B3). Unsur hara tersebut, terutama nitrogen, memiliki pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman. Hepriyani et al. (2016) menunjukkan bahwa pemupukan nitrogen dengan dosis 100 kg ha⁻¹ menghasilkan tinggi tanaman tertinggi dibandingkan dengan tanpa pemupukan nitrogen. Tabel berikut menyajikan rata-rata tinggi tanaman pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi: Tabel 10. Rata-rata tinggi tanaman (cm) berbagai konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu

Konsentrasi <i>Seed Coating</i> Fe (g) : gipsum (g)	Waktu Inkubasi (Minggu)				NP _A BNJ
	0	3	4	5	
0 : 0	115.00 ^b _p	125.83 ^b _p	124.40 ^{ab} _p	119.00 ^{ab} _q	9.92
55 : 2,5	119.00 ^a _p	119.00 ^a _p	124.00 ^a _p	124.33 ^a _q	
110 : 5	119.33 ^a _p	118.66 ^a _p	116.00 ^a _p	123.76 ^a _q	
275 : 12,5	123.33 ^b _p	119.33 ^b _p	122.16 ^b _p	135.33 ^a _p	
NP _B BNJ	9.92				

*Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (ab) dan pada baris (pq) berarti tidak berbeda nyata menurut Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$

3.5 Jumlah Anakan Per Rumpun

Dalam analisis parameter jumlah anakan per rumpun, interaksi antara perlakuan *seed coating* Fe dan lama inkubasi tanah tidak menunjukkan pengaruh signifikan, sehingga tidak ada interaksi yang memberikan efek positif terhadap peubah tersebut. Namun, masing-masing parameter *seed coating* Fe dan lama inkubasi tanah memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap jumlah anakan per rumpun. Berdasarkan uji rata-rata, perlakuan dengan konsentrasi *seed coating* Fe tertinggi (A4) menghasilkan rata-rata jumlah anakan per rumpun tertinggi, yaitu 12.08 batang, dibandingkan dengan perlakuan lainnya (A1, A2, A3). Konsentrasi tinggi *seed coating* Fe ini dapat menyediakan unsur Fe yang cukup bagi tanaman, mendukung proses metabolisme, dan memfasilitasi pertumbuhan serta pembentukan anakan padi. Temuan ini konsisten dengan penelitian oleh Rout dan Sahoo (2015), yang menunjukkan bahwa Fe

berfungsi sebagai kofaktor dalam berbagai reaksi oksidasi-reduksi penting untuk proses fotosintesis, respirasi, sintesis hormon, dan DNA.

Selain itu, perlakuan waktu inkubasi selama lima minggu (B4) juga memberikan rata-rata jumlah anakan tertinggi, yaitu 12.50 batang. Ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu inkubasi, semakin banyak unsur hara dari bahan organik yang telah termineralisasi dan tersedia bagi tanaman, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang krusial untuk pembentukan anakan padi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Darwis (1979), yang menunjukkan bahwa ketersediaan nitrogen dalam tanah berkorelasi positif dengan pembentukan anakan. Namun, jumlah anakan per rumpun dalam penelitian ini masih tergolong rendah dibandingkan dengan jumlah anakan produktif varietas padi Membramo yang berkisar antara 15-20 batang. Penelitian Bhagwat et al. (2017) menunjukkan bahwa jumlah anakan ini mempengaruhi jumlah anakan produktif. Faktor yang mungkin mempengaruhi hasil ini adalah jumlah bibit yang digunakan per pot perlakuan, dengan dua bibit per pot yang dapat menghambat pembentukan anakan secara optimal. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Wibawa dan Sugandi (2015), yang menyimpulkan bahwa penanaman satu bibit per lubang menghasilkan pembentukan anakan tertinggi, sementara penanaman 20 bibit per lubang menghasilkan jumlah anakan terendah. Tabel berikut menyajikan rata-rata jumlah anakan per rumpun tanaman pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi:

Tabel 11. Rata-rata jumlah anakan per rumpun (batang) berbagai konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu

Konsentrasi <i>seed coating</i> Fe (g) : gipsum (g)	Rata-rata Jumlah Anakan (batang)	NP BNJ $\alpha = 0.05$
0 : 0	10.00 b	1.46
55 : 2,5	10.08 b	
110 : 5	9.58 b	
275 : 12,5	12.08 a	
Waktu Inkubasi (Minggu)		
0	9.67 b	1.46
3	9.75 b	
4	9.83 b	
5	12.50 a	

* Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (ab) berarti tidak berbeda nyata menurut Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$

3.6 Jumlah Anakan Produktif Per Rumpun

Parameter jumlah anakan produktif per rumpun menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan pada perlakuan *seed coating* Fe dan waktu inkubasi tanah. Analisis rata-rata menunjukkan bahwa perlakuan A4B4 menghasilkan rata-rata jumlah anakan produktif tertinggi, yaitu 8.00 malai, sedangkan perlakuan A1B1 menghasilkan rata-rata jumlah anakan terendah, yaitu 3.33 malai. Hal ini disebabkan oleh perlakuan B4, yang melibatkan waktu inkubasi tanah terpanjang, sehingga lebih banyak unsur hara telah termineralisasi oleh mikroorganisme dibandingkan perlakuan lainnya (B1, B2, B3), sehingga tanaman dapat menyerap lebih banyak hara dan mendukung pembentukan anakan produktif. Nitrogen, unsur hara penting dalam pembentukan anakan produktif, mencapai kandungan tertinggi pada perlakuan B4, sejalan dengan temuan Hepriyani et al. (2016) bahwa dosis nitrogen tinggi (100 kg N ha⁻¹) meningkatkan jumlah anakan produktif. Namun, rata-rata jumlah anakan produktif dalam penelitian ini masih rendah dibandingkan dengan deskripsi varietas padi Membramo (15-20 malai), kemungkinan karena pemupukan yang tidak seimbang (50% dari dosis rekomendasi), serta intensitas cahaya yang kurang memadai di *greenhouse* dibandingkan area lain. Penelitian Utami (2018) mengindikasikan bahwa intensitas cahaya berpengaruh signifikan terhadap jumlah anakan, berat gabah per rumpun, dan potensi hasil per hektar. Tabel berikut menyajikan rata-rata anakan produktif per rumpun tanaman pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi:

Tabel 12. Rata-rata jumlah anakan produktif per rumpun (malai) berbagai konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu

Konsentrasi <i>Seed Coating</i> Fe (g) : gipsum (g)	Waktu Inkubasi (Minggu)				NP _A BNJ
	0	3	4	5	
0 : 0	3.33 ^c _q	4.00 ^{bc} _p	4.66 ^{ab} _q	5.33 ^a _q	1.18
55 : 2,5	3.33 ^c _q	4.00 ^{bc} _p	5.00 ^{ab} _q	5.66 ^a _q	
110 : 5	4.00 ^b _{pq}	4.33 ^b _p	7.33 ^a _p	7.33 ^a _p	
275 : 2,5	4.66 ^b _p	5.00 ^b _p	5.00 ^b _p	8.00 ^a _p	
NP _B BNJ	1.18				

*Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (abc) dan pada baris (pq) berarti tidak berbeda nyata menurut Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$

3.7 Berat Segar Segar Tajuk Per Rumpun

Parameter berat segar tajuk per rumpun mencerminkan massa tanaman serta jumlah air yang diserap oleh tanaman. Parameter ini penting untuk menilai pertumbuhan tanaman, biomassa, akumulasi hasil fotosintesis, dan kadar air dalam jaringan tanaman. Analisis menunjukkan bahwa perlakuan *seed coating* Fe dan waktu inkubasi tanah berpengaruh sangat signifikan terhadap berat segar tajuk per rumpun. Berdasarkan uji rata-rata, perlakuan A4B4 menghasilkan berat segar tajuk tertinggi, yaitu 102.23 gram, sementara perlakuan A1B1 menghasilkan berat segar tajuk terendah, yaitu 51.20 gram. Peningkatan berat segar tajuk pada perlakuan A4B4 dapat dipengaruhi oleh kombinasi *seed coating* Fe dan lama inkubasi tanah. Lama inkubasi tanah yang signifikan meningkatkan berat segar tajuk disebabkan oleh dekomposisi bahan organik yang meningkatkan kualitas tanah, baik fisik maupun kimiawi. Bahan organik yang terdekomposisi memperbaiki sifat fisik tanah, seperti tekstur, porositas, dan kapasitas penyimpanan air. Penambahan bahan organik meningkatkan kemampuan tanah untuk menyimpan air, yang mendukung berat segar tajuk per rumpun. Hal ini sesuai dengan temuan Saidy (2018) yang menyatakan bahwa bahan organik mempengaruhi agregasi tanah dan distribusi pori, serta meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air, yang pada gilirannya meningkatkan berat segar tajuk per rumpun. Tabel berikut menyajikan rata-rata berat segar tajuk per rumpun tanaman pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi:

Tabel 13. Rata-rata berat segar tajuk per rumpun berbagai konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi pupuk organik limbah sagu

Konsentrasi Seed Coating Fe (g) : gipsum (g)	Waktu Inkubasi (Minggu)				NP _A BNJ
	0	3	4	5	
0 : 0	51.20 ^b _r	60.76 ^b _q	62.20 ^{ab} _r	77.00 ^a _q	
55 : 2,5	55.23 ^b _{qr}	62.13 ^b _q	68.36 ^b _{qr}	85.03 ^a _q	
110 : 5	68.23 ^b _{qr}	78.86 ^{ab} _p	85.33 ^a _p	91.13 ^a _{pq}	16.06
275 : 12,5	89.40 ^{ab} _p	71.03 ^c _{pq}	80.96 ^{bc} _{pq}	102.23 ^a _p	
NP _B BNJ	16.06				

*Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (abc) dan pada baris (pqr) berarti tidak berbeda nyata menurut Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$

3.8 Berat Kering Tajuk Per Rumpun

Parameter berat kering tajuk per rumpun menggambarkan massa aktual tanaman sebagai hasil dari proses fotosintesis yang telah dilakukan. Tanaman memerlukan unsur hara dan energi yang cukup untuk mencapai berat kering tajuk per rumpun yang optimal. Penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *seed coating* Fe memiliki pengaruh signifikan terhadap parameter ini. Berdasarkan analisis statistik, rata-rata berat kering tertinggi (29.95 gram) ditemukan pada perlakuan A4 dengan konsentrasi *seed coating* Fe tertinggi (Fe 275 g : gipsum 12,5 g), menunjukkan bahwa peningkatan berat kering tajuk per rumpun dipengaruhi oleh aplikasi *seed coating* Fe. Teknologi *seed coating* modern, menurut Afzal (2020), dirancang untuk mengaplikasikan bahan aktif secara merata ke benih sesuai dengan dosis yang diinginkan, meningkatkan kualitas dan kinerja benih tanaman. *Seed coating* Fe menyediakan Fe yang optimal untuk tanaman padi, yang merupakan komponen utama dalam pembentukan klorofil, sehingga meningkatkan hasil fotosintesis dan berat kering tanaman. Hal ini konsisten dengan pendapat Hochmuth (2017), yang menyatakan bahwa Fe terlibat dalam banyak senyawa penting dan proses fisiologis pada tanaman, seperti pembentukan klorofil dan fungsi enzim tertentu. Berat kering tajuk per rumpun mencerminkan hasil metabolit tanaman, dengan daun dan organ lain mengandung hasil metabolit yang menunjukkan pertumbuhan tanaman. Penambahan berat kering digunakan sebagai indikator pertumbuhan tanaman karena mencerminkan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman dari senyawa anorganik seperti air dan CO₂. Tabel berikut menyajikan rata-rata berat kering tajuk per rumpun tanaman pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi *seed coating* Fe dan waktu inkubasi:

Tabel 14. Rata-rata berat kering tajuk per rumpun berbagai konsentrasi *seed coating* Fe

Konsentrasi <i>Seed coating</i> Fe (g) : gipsum (g)	Rata-rata berat kering tajuk per tanaman (g.rumpun ⁻¹)
0 : 0	18.68 c
55 : 2,5	21.28 bc
110 : 5	25.49 ab
275 : 12,5	29.95 a
NP _A BNJ	4.64

* Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom (abcd) berarti tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf $\alpha = 0.05$.

4. KESIMPULAN

Inkubasi pupuk organik limbah agri selama 5 minggu meningkatkan C-organik, total nitrogen, total fosfor, dan kalium dapat tukar, serta menurunkan pH tanah. Inkubasi pupuk organik limbah sagu selama 5 minggu meningkatkan tinggi tanaman padi, jumlah anakan per rumpun, berat segar dan berat kering tajuk, serta pembentukan klorofil a dan b, dan warna daun. Konsentrasi *seed coating* Fe 275 g : gipsum 12,5 g memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman padi, jumlah anakan per rumpun, berat segar dan berat kering tajuk, serta pembentukan klorofil a dan b, dan warna daun. Kombinasi konsentrasi *seed coating* Fe 275 g : gipsum 12,5 g dan inkubasi pupuk organik limbah sagu selama 5 minggu memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman padi, jumlah anakan produktif per rumpun, jumlah anakan produktif per rumpun, berat segar tajuk, serta pembentukan klorofil a, b, dan total, dan warna daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, F., N., Siswanto, B., Nuraini Y. (2015). Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik terhadap Sifat Kimia Tanah pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Ubi Jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan*. 2(2): 237-244.
- Afzal, I., Javed, T., Amirkhani, M., Taylor, A.G. (2020). Modern Seed Technology: Seed Coating Delivery Systems for Enhancing Seed and Crop Performance. *Agricultural* 2020. *MDPI Journal*. 10(526).
- Arifyansah, S., Nurjasmu, R., Ruswandi. (2020). Pengaruh Pupuk Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil Wheatgrass (*Triticum Aestivum* L.). *Jurnal Ilmiah Respati*. 11(2): 82-92.
- Association Official Agriculture Chemists. (2000). Official Methode of Analysis of AOAC International. 17th Edition. 1: 2.5-2.37. In Horwitz, W. (Ed). *Agricultural Chemicals, Contaminants, Drugs*. Maryland USA: AOAC International.
- Augustine, N., dan Suhardjono, H. (2016). Peranan Berbagai Komposisi Media Tanam Organik terhadap Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) di Polybag. *Agritop Jurnal*. pp. 54-58.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2020). Rekomendasi Pupuk N, P, dan K Spesifik Lokasi untuk Tanaman Padi, Jagung dan Kedelai pada Lahan Sawah (Per Kecamatan), Buku I: Padi. Jakarta: Kementrian Pertanian.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2021 (Angka Sementara). Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Balai Penelitian Tanah. (2009). Petunjuk Teknis Edisi 2: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Bogor: Balai Penelitian Tanah.

- Bayer, C., Martin-Neto, L.P., Mielniczuk J., Pillon, C.N., Sangoil, L. (2001). Changes in Soil Organic Matter Fractions Under Subtropical No-Till Cropping Systems. *Soil Sains Society of America Journal*. 65: 1437-1478.
- Bhagwat, S., Gokhale, N.B., Sawarkadekar, S.V., Kelkar, V.G., Kambale, S.R., Kukarker, R.L. (2017). Evaluation of Rice (*Oryza sativa* L.) Germplasm for Biotic and Abiotic Stresses And Their Genetic Diversity Using SSR Markers. *Oryza*. 54(3): 258-265.
- Bouyoucos, C.J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soils. *Agronomy Journal*. 54: 464-465.
- Darwis, S.N. (1979). Agronomi Tanaman Padi. Lembaga Pusat Penelitian Pertanian. Perwakilan Padang. Jilid 1: 86.
- Distan, A. (2019). Pemupukan Organik. Dinas Pertanian Pemerintah Kabupaten Buleleng. Available form: <https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pemupukan-organik-80> [Accessed on 15 August 2022].
- Dwiratna S, Suryadi E. (2017). Pengaruh Lama Waktu Inkubasi dan Dosis Pupuk Organik Terhadap Perubahan Sifat Fisik Tanah Inceptisol di Jatinangor. *Jurnal Agrotek Indonesia*. 2(2): 110-116.
- Ehasnfar, S., Sanavy, M.S.A. (2005). Crop Protection by Seed Coating. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 70: 225-229.
- Erythrina. (2016). Bagan Warna Daun: Alat untuk Meningkatkan Efisiensi Pemupukan Nitrogen pada Tanaman Padi. *Jurnal Litbang Pert*. 35(1): 1-10.
- Eskandari, H. The Importance of Iron (Fe) In Plant Products And Mechanism of Its Uptake by Plants. *Journal of Applied Environmental and Biological Science*. 1 (10): 448-452.
- Falch, M. (1997). Sago palm. *Metroxylon sago* Rottb. Promoting the conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. Rome: International Plant Genetic Resource Institute.
- Geonvalces, E., Abreu, M., Brando, T., Silva, C. (2011). Gradation Kinetics of Colour, Vitamin C and drip Loss in Frozen Broccoli (*Brassica oleracea* L. Ssp. Italica) During Storage at Isothermal and Non-isothermal Conditions. *IntRefriger*. 34: 2136-2144.
- Gorim, L., & Asch, F. (2012). Effects of Composition and Share of Seed Coatings on The Mobilization Efficiency of Cereal Seeds During Germination. *Journal Agronomy & Crop Science*. 198: 81-91.
- Gorim, L., & Asch, F. (2015). Seed Coating Reduces Respiration Losses and Affects Sugar Metabolism During Germination and Early Seedling Growth in Cereals. *Functional Plant Biology*. 42: 209-218.
- Haedar, Jasman J. (2017). Pemanfaatan Limbah Sagu (*Metroxylon sago*) sebagai Bahan Dasar Pakan Ternak Unggas. *Jurnal Equilibrium*. 6(1): 5-13.
- Hepriyani, A. D., Hidayat, K. F., Utomo, M. (2016). Pengaruh Pemupukan Nitrogen dan Sistem Olah Tanah Jangka Panjang Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) Tahun Ke-27 Di Lahan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 4(1): 36-42.

- Hesse. P.R. (1971). A Textbook of Soil Chemical Analysis. New York: Chemical Publishing Co., Inc. pp. 520.
- Hochmuth, G. (2017). Iron (Fe) Nutrition of Plants. IFAS Extension. University Of Florida.
- ISRIC. (1993). Procedures for Soil Analysis. In Van Reeuwijk, L.P (Ed.) Technical Paper, International Soil Reference and Information Centre. Wageningen, The Netherlands. 4th ed. pp.100.
- JFE GIHO. (2016). Iron Powder “Kona-Bijin™” for Iron Coating Direct Seeded Rice. JFE Technical Report. JFE Steel Corporation. 21 : 82-84.
- Karanam VP, Vadez V. (2010). Phosphorus Coating on Pearl Millet Seed in Low P Alfisol Improves Plant Establishment and Increases Stover More Than Seed Yield. *Experimental Agriculture*. 46: 457-469.
- Klarod, K., Dongsansuk, A., Piepho, H. P., Siri, B. (2021). Seed Coating With Plant Nutrients Enhances Germination And Seedling Growth, And Promotes Total Dehydrogenase Activity During Seed Germination In Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Seed Science and Technology*. 49 (2): 107-124.
- Ladolter, Johannes. (2010). Split-plot designs: discussion and Examples. *International Journal Quality Engineering and Technology*. 1(4): 441-457.
- Leszczynka, D., & Marlina, J.K. (2011). Effect of Organic Matter From Various Sources on Yield And Quality of Plant on Soils Contaminated with Heavy Metals. *Ecological Chemistry and Engineering S*. 18 (4): 501-507.
- Li, F., Mistele, B., Hu, Y., Chen, X., Schmidhalter, U. (2014). Reflectance Estimation of Canopy Nitrogen Content in Winter Wheat Using Optimized Hyperspectral Indices and Partial Least Squares Regression. *European Journal of Agronomi*. 25:198-209.
- Mašauskas, S.V., Mašauskien, A., Repšien, R., Skuodien, R., Brazien, Z., Peltonen, J. (2008). Phosphorus Seed Coating as Starter Fertilization for Spring Barley. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*. 58: 124-131.
- Miyagawa, H., Yamauchi, M., Inoue, H. (2013). The Control of Seed Borne Diseases of Rice Seedling by Iron-Coating Seeds in a Mass Production Machine. *Annual Report of The Kansai Plant Protection Society*. 55: 23-30.
- Mori, S., Fujimoto, H., Watanabe, S., Ishioka, G., Okabe, A., Kamei, M., Yamauchi, M. (2012). Physiological Performance of Iron-Coated Primed Rice Seeds Under Submerged Conditions and The Stimulation of Coleoptile Elongation In Primed Rice Seeds Under Anoxia. *Soil Science and Plant Nutrition*. 58: 469-478.
- Murnita, & Yunni, A.T. (2021). Dampak Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Menara Ilmu*. 15 (2): 67.
- Nugroho, W.S. (2015). Penetapan Standar Warna Daun Sebagai Upaya Identifikasi Status Hara (N) Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) pada Tanah Regosol. *Planta Tropica Journal of Agro Science*. 3 (1): 9-15.

- Pandey, Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T.P., Lopez, K., Hardy, B. (2002). Direct Seeding: Research Strategies and Opportunities. Philippines: International Rice Research Institute (IRRI).
- Parama, T., Indrianti, N., Ekafitri, R.. (2013). Potensi Tanaman Sagu (*Metroxylon* sp.) to Support Food Security in Indonesia. *PANGAN*. 22(1): 61-67.
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, A.S.J., Junairiah, B.G., Firgianto, R., Arsi. (2021). Tanah dan Nutrisi Tanaman. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Purbajanti, E.D., & Setyowati, S. (2020). Organic Fertilizer Improve the Growth, Physiological Characters and Yield of Pak Choy. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*. 22(2): 83-87.
- Rout, G.R., & Sahoo, S. (2015). Role of Iron In Plant Growth and Metabolism. *Agricultural Science*. 3: 1-24.
- Rustiart, T., & Abdurachman, S. (2011). Komparatif Beberapa Metode Penetapan Kebutuhan Pupuk Adaptasi Varietas dan Evaluasi Kebutuhan Pupuk Padi Gogo pada Tanaman Padi. *Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian Padi Nasional 2010, Variabilitas Dan Perubahan Iklim: Pengaruhnya Terhadap Kemandirian Pangan Nasional*. Buku 2. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian, pp. 1065-1077.
- Saidy, A.R. (2019). *Bahan Organik Tanah: Klasifikasi, Fungsi dan Metode Studi*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Saidy, A.R., Arifin, Londong, P., (2003). Respon Tanaman Jagung terhadap Pemberian Kotoran Ayam: Pengaruh Sifat Kimia Tanah. *Agroscience*. 10(1): 33-43.
- Serena, M., Leinauer, B., Sallenave, R., Schiavon, M., Maier, B. (2012). Turfgrass Establishment from Polymer-Coated Seed Under Saline Irrigation. *Journal of The American Society for Horticultural Science*. 47: 1789-1794.
- Sianturi, P., Fauzi, Damanik, M.M.B. (2018). Aplikasi Berbagai Bahan Organik dan Lama Inkubasi Terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi FP USU*. 6 (1): 126-131.
- Singh, R.K., Singh, V.P., Singh, C.V. (1994). Agronomic Assessment of Beushening in Rainfed Lowland Rice Cultivation, Bihar, India. *Agriculture, Ecosystem & Environment Journal*. 51: 271-280.
- Sudjadi, M., I.M. Widjik S., M. Soleh. (1971). *Penuntun Analisa Tanah*. Publikasi No. 10/71. Bogor: Lembaga Penelitian Tanah. pp. 166.
- Tanaka, A, & Tadano, T. (1972). Potassium in Relationship to Iron Toxicity of The Rice Plant. Japan: International Potash University.
- Ukoje, J.A., & Yusuf, R.O. (2013). Organic Fertilizer: The Underestimated Component In Agricultural Transformation Initiatives For Sustainable Small Holder Farming In Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*. 6: 794-801.
- USDA. (2004). Soil Survey Laboratory Methods Manual. pp. 167-365, 616-643. In Burt, R. (Ed). Soil Survey Investigations Report No. 42. Vers. 4,0. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

- Utami, D.N., Halim, A., dan Ichsan. C. N. (2018). Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Padi (*Oryza sativa* L.). *Journal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*. 4 (1): 210-218.
- Utami, S.N., & Handayani, S. (2003). Sifat Kimia Entisol pada Sistem Pertanian Organik. *Jurnal Pertanian*. 10 (2): 63-69.
- Wahida, & Amelia A. (2017). Pemanfaatan Ampas Sagu sebagai Bahan Dasar Kompos pada Beberapa Dosis Pencampuran Dengan Kotoran Sapi. *Agricola*. 5(1): 1-8.
- Wibawa, W., & Sugandi, D. (2015). Pola Pembentukan Anakan Padi Dari Berbagai Varietas dan Jumlah Bibit Per Lubang Pada Lahan Suboptimal di Provinsi Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional: Mewujudkan Kedaulatan Pangan pada Lahan*. Balai Pengkajian Pertanian Bengkulu
- Yamauchi, & Minoru. (2010). Manufacturing Method of Iron-Coated Rice Seeds. *Japan Patent* 4441645.
- Yamauchi, Minoru. (2017). A Review of Iron-Coating Technology to Stabilize Rice Direct Seeding onto Puddled Soil. *Agronomy Journal*. 109: 739-750.
- Zaimah, F., & Prihastani, E. (2012). Uji Penggunaan Lompos Limbah Sagu terhadap Pertumbuhan Tanaman Strawberry (*Fragaria vesca* L.) di Desa Plajan Kab. Jepara. *Anatomi dan Fisiologi*. 20 (1):18-28.
- Zarwazi, L.M., Anggara, A.W., Abdurachman, S., Widyantoro, Zaini, Z., Jamil, A., Mejaya, M.J., Sasmita, P., Suhartatik, E., Abdullah, B., Baliadi, B., Suwarno, Firmansyah, I.U., Dhalimi, A., Hasmi, I., Hikmah, Z.M., Deni, S. (2015). *Panduan Teknologi Budidaya Padi Tanam Benih Langsung TABELA*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Zhao, X., Chen, Y., Li, C., Lu, J. (2020). Influence of Seed Coating with Cooper, Iron and Zinc Nanoparticles on Growth and Yield of Tomato. *Nanobiotechnol*. 15: 674-679
- Zimmerman, C.F. (1997). *Determination of Carbon and Nitrogen in Sediment and Particular of Estuarine/coastal Water Using Element Analysis*. U. S. Enviromental Protection Agency. Ohio