JURNAL BETA (BIOSISTEM DAN TEKNIK PERTANIAN)
Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Udayana
http://ojs.unud.ac.id/index.php/beta
Volume 13, Nomor 1, bulan April, 2025

Stokiometri Karbon (C), Nitrogen (N) dan Fosfor (P) Tanah pada Pengelolaan Jerami dan Irigasi Sawah

Soil Stoichiometry of Carbon (C), Nitrogen (N), and Phosphorus (P) in Straw Management and Paddy Field Irrigation

Vivi Alviyanti [1)], Ni Nyoman Sulastri* [1)], I Putu Gede Budisanjaya [1)], Sumiyati [1)], I Wayan Tika [1)], Ngadisih [2)]
[1)]*Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia*
[2)]*Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia*
*email: sulastri@unud.ac.id

Abstrak

Pertanian padi memerlukan strategi pengelolaan yang berkelanjutan untuk menjaga kualitas tanah dan efisiensi penggunaan air. Kebiasaan membakar jerami dan irigasi penggenangan yang dominan digunakan petani sering kali menurunkan kualitas tanah serta keseimbangan hara. Penelitian ini bertujuan menentukan dinamika stokiometri C:N:P pada pengelolaan jerami dan irigasi selama satu musim tanam serta menentukan kombinasi perlakuan terbaik untuk perubahan stokiometri C:N:P. Penelitian dilakukan di Subak Suala, Bali, menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor: pengelolaan irigasi (*ngenyatin*, genangan, dan *Alternating Wetting and Drying* - AWD) dan pengelolaan jerami (pembakaran dan pembenaman jerami). Data diperoleh melalui pengambilan sampel tanah pada 30 plot perlakuan, diuji di laboratorium dan hasilnya dianalisis menggunakan uji *two-way ANOVA* untuk mengevaluasi kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami terhadap rasio C:N:P tanah. Uji Z test digunakan untuk menentukan perbedaan rata-rata rasio CN, CP dan NP sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil analisa data menunjukkan rasio CN berkisar 3,81–17,50 dan mengalami penurunan pada semua perlakuan, dengan penurunan terbesar (40%) pada irigasi penggenangan dan pembenaman jerami. Rasio CP berkisar 8,83–47,16 dan menurun lebih signifikan (50%) pada irigasi AWD dan pembakaran jerami. Rasio NP berkisar 0,75–4,77 dengan penurunan terbesar (46%) pada irigasi AWD dan pembakaran jerami, serta peningkatan kecil (5%) pada irigasi *ngenyatin* dan pembenaman jerami. Penelitian ini membuktikan pembenaman jerami lebih efektif dalam menjaga keseimbangan karbon dan nitrogen dibandingkan pembakaran jerami, sementara irigasi AWD lebih optimal dalam mempertahankan ketersediaan fosfor. Kombinasi pembenaman jerami dan irigasi AWD direkomendasikan untuk mendukung produktivitas lahan di Subak.

Kata kunci: *Budidaya padi, C:N:P tanah, kualitas tanah, pengelolaan jerami padi, sistem irigasi*

Abstract

Rice farming requires a sustainable management strategy to maintain soil quality and water use efficiency. The habit of burning straw and inundation irrigation that is predominantly used by farmers often reduces soil quality and nutrient balance. This study aimed to determine the dynamics of C:N:P stochiometry in straw management and irrigation management during one planting season and determine the best treatment combination for changes in C:N:P stochiometry. The study was conducted in Subak Suala, Bali, using a random design complete with two factors: irrigation management (*ngenyatin*, inundation, and *Alternating Wetting and Drying* - AWD) and straw management (burning and planting straw). Data were obtained through soil sampling on 30 treatment plots, tested in the laboratory and the results were analyzed using *the two-way ANOVA* test to evaluate the combination of irrigation treatment and hay management to the C:N:P ratio of soil. The Z test is used to determine the difference in the average ratio of CN, CP and NP before and after treatment. The results of the data analysis showed that the CN ratio ranged from 3.81–17.50 with the largest decrease (40%) in inundation irrigation and straw immersion. The CP ratio ranges from 8.83–47.16 and decreases more significantly (50%) in AWD irrigation and straw burning. The NP ratio ranged from 0.75–4.77 with the largest decrease (46%) in AWD irrigation and straw burning, as well as a small increase (5%) in *ngenyatin* irrigation and straw immersion. This study proves that straw immersion is more effective in maintaining carbon and nitrogen balance than burning straw, while AWD irrigation systems are more optimal in maintaining the availability of phosphorus. A combination of straw planting and an AWD irrigation system is recommended to support sustainable land productivity in Subak.

Keywords: *Rice farming, soil C:N:P, soil quality, rice straw management, irrigation system*

PENDAHULUAN

Tanaman padi merupakan tanaman yang banyak membutuhkan air, khususnya pada saat tumbuh mereka harus selalu tergenangi air (Sari, 2019). Budidaya padi pada subak sebagian besar menggunakan sistem irigasi penggenangan dan "*ngenyatin*". *Ngenyatin* merupakan teknik irigasi berselang yang membantu efisiensi penggunaan air (Prasetya et al., 2013), sementara sistem *Alternate Wetting and Drying* (AWD) direkomendasikan oleh FAO sebagai metode hemat air yang dapat mengurangi penggunaan air di lahan irigasi (FAO, 2013).

Kebiasaan petani di Subak yang membakar jerami setelah panen dapat menghilangkan unsur hara penting seperti karbon (C), nitrogen (N), dan fosfor (P) hingga 60% serta meningkatkan emisi gas rumah kaca (Rhofita, 2016). Sebaliknya, pembenaman jerami ke dalam tanah dapat meningkatkan kualitas tanah dengan mendaur ulang unsur hara dan meningkatkan karbon organik tanah (Gummert et al., 2019; Singh et al., 2004). Namun jerami padi sulit mengalami proses dekomposisi karena kandungan lignin yang tinggi, jika tidak terdekomposisi dengan baik akan menghambat pengolahan tanah seperti pembajakan.

Kualitas tanah sangat penting dalam pertanian berkelanjutan, dan produktivitasnya berhubungan langsung dengan kemampuannya menghasilkan hasil pertanian yang baik. Praktik budidaya yang tidak tepat dapat menurunkan kandungan bahan organik dalam tanah, mengurangi kualitas tanah (X. Liu et al., 2006). Kandungan karbon (C), nitrogen (N), dan fosfor (P) serta stoikiometri ketiganya adalah indikator kunci dalam menilai keseimbangan unsur dalam ekosistem sawah (Cao et al., 2020; Elser et al., 2000). Ketidakseimbangan rasio CN dapat berdampak signifikan pada dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi tanah. Penelitian yang mengkaji dampak berbagai sistem irigasi dan pengelolaan jerami terhadap stoikiometri C : N : P sangat penting untuk memahami dampaknya terhadap kualitas tanah dan ekosistem sawah.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Subak Suala, Desa Pitra, Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali (8°26'22.5"S 115°08'05.1"E) untuk dilakukan pembuatan demplot dan pengambilan sampel tanah. Analisis sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Pengelolaan Sumber Daya Alam Universitas Udayana, Laboratorium Teknik Sumber Daya Lahan dan Air Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, dan Laboratorium Tanah dan Lingkungan, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini dilakukan selama 1 musim tanam padi periode bulan Agustus sampai Desember 2024.

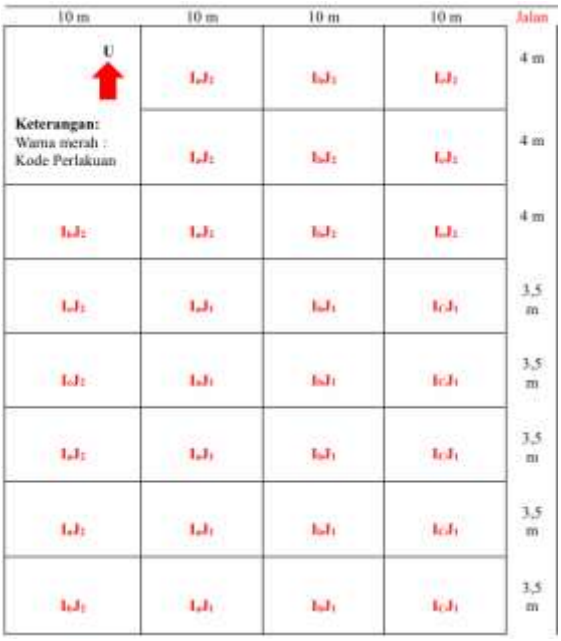
Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah meliputi cangkul, palu, kantong plastik, spidol, kertas label. Alat analisis di laboratorium meliputi ruang asam, kompor, destilator, labu kjeldahl, labu takar, pipet, gelas ukur, labu erlenmeyer, buret, tabung reaksi, neraca analitik, tabung digestion dan blok digestion, pengocok tabung, corong, spektrophometer UV-VIS, kertas saring, oven listrik, desikator, cawan, beaker glass, pH meter. Untuk bahan yang diperlukan di laboratorium adalah sampel tanah kering angin 0,5 mm, sampel tanah kering angin < 0,5 mm, $K_2Cr_2O_7$ 1 N (kalium bicromat), H_2SO_4 pekat (asam sulfat), campuran selen, NaOH 30%, indikator N, garam besi (2) sulfat 1 N atau fero sulfat 1 N ($FeSO_4$ 1 N), dan indikator difenilamin, HCl 0,1N, H_3BO_3 (asam borat), H_3PO_4 (asam fosfat), diphenylamine, tablet kjeldahl, akuades, NaOH 50%, indikator PP 0,1N, K_2SO_4 (kalium sulfat).

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor, yaitu pengelolaan irigasi dan pengelolaan jerami. Pengelolaan irigasi terdiri dari tiga jenis: *ngenyatin* (*Intermittent Irrigation* – I_a), penggenangan (*Continuous Irrigation* – I_b), dan AWD (*Alternate Wetting and Drying* – I_c). Sementara itu, pengelolaan jerami terdiri dari dua perlakuan, yaitu pembakaran jerami (J_1) dan pembenaman jerami ke dalam tanah (J_2)

Adapun rancangan percobaan ini adalah sebagai berikut: (I_a J_1, I_b J_1, I_c J_1, I_a J_2, I_b J_2, I_c J_2). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak lima kali, sehingga terdapat total 30 plot perlakuan. Gambar 1 menunjukkan 30 plot perlakuan.



Gambar 1. Denah 30 plot perlakuan

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dengan studi pustaka, pengambilan sampel sebelum perlakuan (sebelum masa tanam), analisis sampel, perlakuan pengelolaan jerami dan irigasi, pengolahan tanah dan budidaya padi, pengambilan sampel sesudah perlakuan (sesudah panen), analisis sampel, analisis data, dan rekomendasi perlakuan terbaik.

Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan langkah awal dalam penelitian untuk mengidentifikasi masalah dan menemukan teori pendukung melalui referensi dari jurnal ilmiah, buku, dan media online.

Perlakuan Pengelolaan Jerami

Dalam penelitian ini, dua perlakuan jerami padi dilakukan, yaitu jerami yang dibiarkan melapuk secara alami dan jerami yang dibakar terlebih dahulu. Pada perlakuan pertama, jerami yang tidak dibakar ditebar merata di atas lahan dan dibiarkan melapuk secara alami. Setelah jerami melapuk, dilakukan pengolahan tanah dengan traktor. pada perlakuan pembakaran jerami, limbah jerami yang telah dikumpulkan tersebut dibakar langsung di atas lahan.

Perlakuan Pengelolaan Irigasi

Dalam penelitian ini, tiga metode pengelolaan irigasi diterapkan, yaitu AWD, *ngenyatin*, dan menggenang. Pada metode AWD, tanah dibiarkan kering hingga air berada 12-15 cm di bawah permukaan, kemudian diairi kembali hingga tergenang 5 cm. Siklus pengairan dan pengeringan ini diulang untuk menjaga keseimbangan air. Metode *ngenyatin* menggenangi lahan secara berkala setiap 7-10 hari, terutama saat pemupukan dan penyiangan, dengan kondisi lahan lembab namun tidak terlalu basah. Pada metode menggenang, lahan dibiarkan tergenang air 3,5-5 cm selama pertumbuhan padi, dan air dialirkan keluar dua minggu sebelum panen.

Persiapan Lahan

Pengolahan tanah dimulai dengan pembajakan tahap pertama di lahan kering, diikuti dengan persiapan lahan basah dan penggunaan *rotary* untuk menghasilkan tanah yang gembur.

Budidaya Padi

Bibit padi Inpari 32 disemaikan dan direndam selama 24 jam sebelum dipindahkan ke lahan setelah berumur 25 hari. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiangan, penyemprotan hama, pemupukan, dan pengelolaan irigasi. Pada usia padi 15-19 hari, lahan dikeringkan untuk memulai pemupukan pertama dengan urea dan NPK. Pemupukan kedua dilakukan setelah padi berumur 4-5 minggu, dan pada usia 90 hari, pengairan dikurangi untuk persiapan panen, yang dilakukan saat padi berumur 105 hari dengan kondisi lahan yang kering.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Subak Suala, Penebel, Tabanan. Lahan yang digunakan pada penelitian ini seluas 13 are. Untuk mengatur distribusi air irigasi pada masing masing plot dibuat pembentukan petak lahan dan pematang untuk menahan air irigasi di setiap petakan dan mengatur pengendalian kedalaman genangan pada setiap plot perlakuan. Total sampel tanah yang diambil adalah 30 sampel. Pengambilan sampel tersebut dilakukan dengan teknik terusik menggunakan kantong plastik, terlebih dahulu dilakukan pembersihkan permukaan

atas tanah dari rumput dan kotoran, tanah diambil dengan kedalaman 10 cm, lalu tanah tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik yang telah disediakan sebelumnya .

Pengambilan sampel sebelum perlakuan dilakukan sebelum tanam dan sesudah perlakuan dilakukan setelah panen.

Analisis Sampel

C-Organik

Uji laboratorium karbon organik dilakukan dengan metode *Walkley & Black*. Untuk menghitung C Organik (%) dapat menggunakan rumus berikut:

$$C\ (\%) = (b - a)\ N\ FeSO_4 \times \frac{3 \times 100}{77} \times \frac{100 + KU}{100} \quad [1]$$

$$Bahan\ Organik = C \times 1.724 \quad [2]$$

Keterangan:
b : blanko (ml)
a : sampel (ml)
N : normalitas $FeSO_4$
KU : kadar air tanah kering udara.

Nitrogen Total

Uji laboratorium N-total dilakukan dengan metode Kjeldahl. Perhitungan N-Total (Syafruddin et al., 2016):

$$(N)\ total\ (\%) = \frac{(Vs - Vb)}{berat\ sample\ (mg)} \times 14{,}008 \times N.HCl \times 100\% \quad [3]$$

Keterangan:
Vs : volume titrasi sampel (ml)
Vb : volume titrasi blanko (ml)
N : normalitas HCl

Fosfor Total

Uji laboratorium P-Total dilakukan dengan metode Ekstrak HCl 25%. P total dihitung menggunakan rumus:

$$Kadar\ P\ total\ (mg/100g) = \frac{ml\ ekstrak}{g\ contoh} X \frac{Ac - Ab}{As} X\ ppm\ standar\ X\ 10\ X\ Fk \quad [4]$$

$$Konversi\ ke\ \%\ (pada\ satuan\ \%) = \frac{Kadar\ P\ total\ (ppm)}{10.000} \quad [5]$$

Keterangan :
Fk : faktor koreksi kadar air
Ac, Ab, As : pembacaan contoh, blanko, dan deret standar
P_2O_5 : 2,29 P
PO_4 : 3,06 P

Rasio CN, CP , NP

Rasio CN dihitung dengan rumus (Handayani, 2024):

$$Rasio\ CN = \frac{\%\ C_{total}}{\%\ N_{total}} \quad [6]$$

Rasio CP dihitung dengan rumus:

$$Rasio\ CP = \frac{\%\ C_{total}}{\%\ P_{total}} \quad [7]$$

Rasio NP dihitung dengan rumus :

$$Rasio\ NP = \frac{\%\ N_{total}}{\%\ P_{total}} \quad [8]$$

Analisis Data

Analisa data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel dan Rstudio versi 2024.12.0+467 "Kousa Dogwood"*. Data perubahan CN, CP, NP sebelum dan sesudah perlakuan diasumsikan terdistribusi normal dan homogen. *Two-way ANOVA* digunakan untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami terhadap perubahan rasio CN, CP dan NP. Jika hasil analisa menunjukkan berpengaruh nyata pada α = 0,05, maka dilakukan uji lanjut (*post hoc*). Z test dilakukan untuk menentukan apakah rasio CN, CP, NP sebelum dan sesudah perlakuan mempunyai rata-rata yang sama pada α = 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum

Tempat pengambilan sampel tanah berlokasi di Subak Suala, Desa Pitra, Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali. Pada lahan percobaan dibagi menjadi 30 plot perlakuan. Tekstur tanah pada subak tersebut yaitu liat dan pH tanah berkisar antara 5-6 dengan irigasi sawah. Gambaran umum parameter stokiometri karbon (C), nitrogen (N), dan fosfor (P) pada berbagai kondisi pengelolaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Stokiometri Karbon (C), Nitrogen (N), dan Fosfor (P) pada Berbagai Kondisi Pengelolaan

	Parameter					
	C/N		C/P		N/P	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Max	16,69	17,50	47,16	27,50	3,68	4,77
Mean	12,67	9,59	30,63	16,87	2,42	1,96
Min	8,70	3,81	14,94	8,83	1,40	0,75

Berdasarkan Tabel 1 nilai rasio CN maksimum sebesar 17,50 terdapat pada sesudah perlakuan, sedangkan nilai minimum sebesar 3,81, dengan rata-rata sebesar 12,67. Secara umum, rasio CN di tanah sawah berkisar antara 9,9 hingga 11,5, yang menunjukkan keseimbangan nutrisi yang baik (Kusumawardani et al., 2022). Rasio CN yang lebih tinggi (>25:1) mengindikasikan dekomposisi bahan organik yang lambat, sedangkan rasio yang terlalu rendah (<10:1) menunjukkan mineralisasi nitrogen yang cepat yang dapat menyebabkan kehilangan N melalui pencucian atau denitrifikasi (Sukaryorini et al., 2016).

Untuk rasio CP, nilai maksimum sebesar 47,16, sedangkan nilai minimum sebesar 8,83, dengan rata-rata sebesar 30,63. Umumnya, rasio CP di lahan sawah berkisar antara 35,0 hingga 163,1, dengan mean 69,5 (H. Y. Liu et al., 2016). Rasio CP yang tinggi menunjukkan bahwa tanah memiliki kandungan karbon yang lebih besar dibandingkan fosfor, yang dapat menghambat ketersediaan fosfor bagi tanaman (Rinasoa et al., 2022).

Sementara itu, rasio NP menunjukkan nilai maksimum sebesar 4,77, sedangkan nilai minimum sebesar 0,75 dengan rata-rata sebesar 1,96. Rasio NP di lahan sawah umumnya berkisar antara 2,8 hingga 18,7 dengan mean 7,4 (H. Y. Liu et al., 2016). Rasio NP yang rendah dapat menjadi indikator bahwa ketersediaan nitrogen tidak mencukupi dibandingkan dengan fosfor, yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Garrish et al., 2010).

Rasio CN

Gambar 2 menunjukkan perubahan rasio CN tanah sebelum dan sesudah perlakuan pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami.

Tabel **2**.

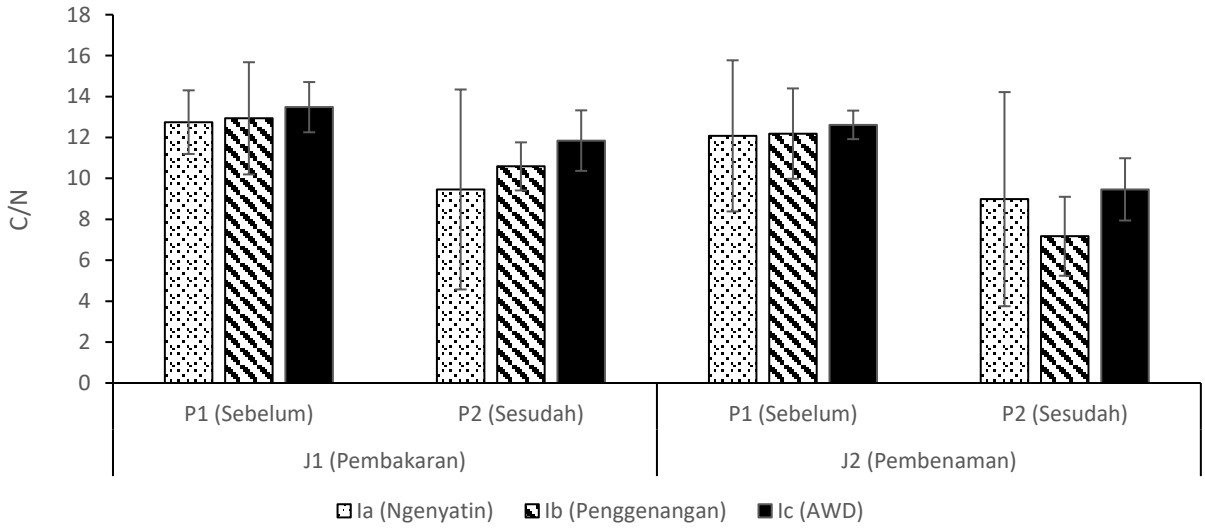
Gambar 3 menunjukkan penurunan median rasio CN setelah perlakuan, yang berarti dekomposisi karbon atau peningkatan nitrogen. *Boxplot* sampel sebelum perlakuan memiliki rentang nilai lebih tinggi dibanding *boxplot* sampel sesudah perlakuan. Namun terdapat *Outlier* pada *boxplot* sampel sesudah perlakuan yang menunjukkan beberapa sampel tetap memiliki rasio CN tinggi akibat perbedaan kondisi dekomposisi.

Hasil uji statistik *two-way ANOVA* menunjukkan kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan rasio CN ($p>0,05$).

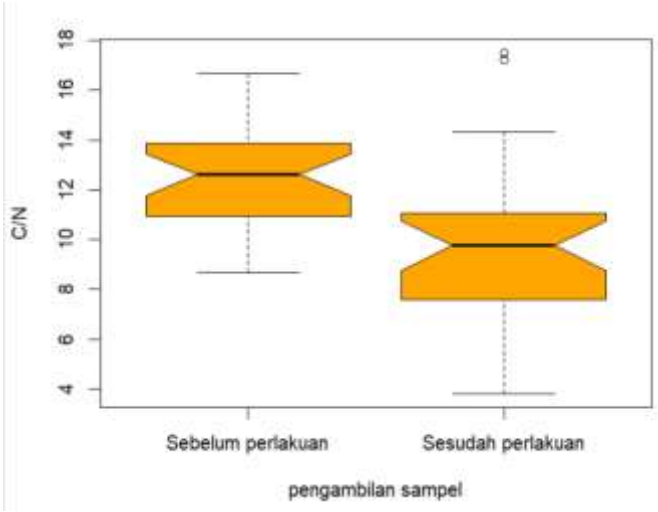
Penurunan rasio CN sekitar 40% terdapat pada kombinasi perlakuan irigasi penggenangan dan pembenaman jerami akibat dekomposisi yang lambat karena kondisi yang anaerobik (Liesack et al., 2000). Dalam jangka panjang, rasio CN menurun seiring akumulasi nitrogen, yang mengindikasikan mineralisasi karbon dan nitrogen serta berkurangnya pencucian. Akibatnya, kandungan karbon organik dan nitrogen dalam tanah menurun (Zhang & He, 2004).

Penurunan rasio CN yang relatif kecil (12–25%) terjadi pada irigasi AWD dengan sebaran nilai yang lebih sempit dibandingkan metode lain. Pergantian kondisi aerobik-anaerobik dalam AWD membantu menjaga keseimbangan C dan N (Haque et al., 2021).

Kombinasi perlakuan AWD dengan pembenaman jerami menurunkan rasio CN lebih besar dibandingkan AWD dengan pembakaran jerami, karena abu jerami lebih cepat terdegradasi, sementara pembenaman jerami butuh waktu lebih lama. Penelitian sebelumnya yang dilakukan selama kurun waktu satu tahun menunjukkan peningkatan karbon tanah yang tidak signifikan pada perlakuan pembakaran jerami dan pembenaman jerami, namun kedua perlakuan tersebut mampu mempertahankan kestabilan rasio CN tanah dalam jangka pendek. (Navya et al., 2024). Uji Z test mengindikasikan bahwa nilai rata-rata rasio CN sebelum dan sesudah perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami tidak sama ($p<0,05$). Hasil pengujian Z test dapat dilihat pada



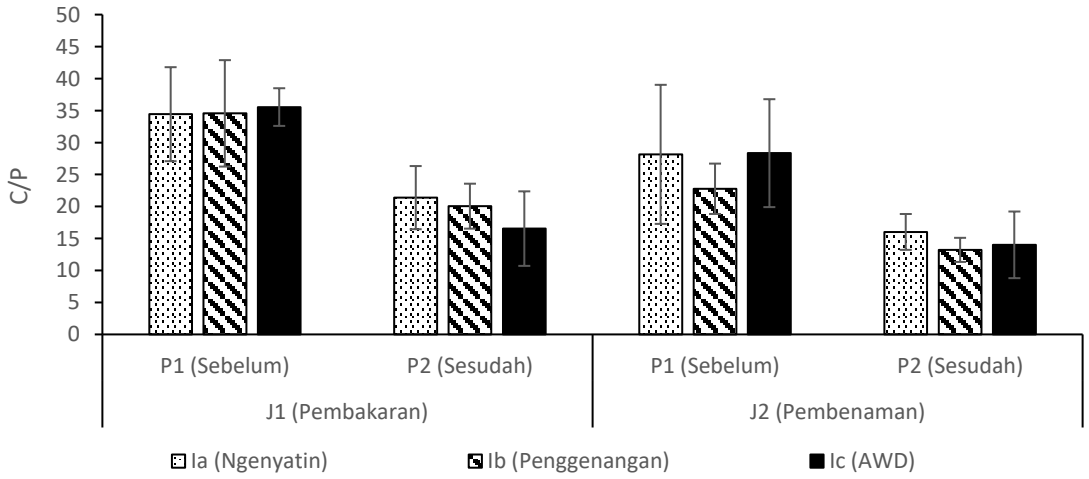
Gambar 2. Rasio CN tanah sebelum dan sesudah perlakuan pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami



Gambar 3. *Boxplot* rasio CN pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami sebelum dan sesudah perlakuan

Tabel 2. Hasil uji statistik untuk membandingkan rata-rata rasio CN sebelum dan sesudah perlakuan.

Statistik	Nilai
Uji	Two-sample Z-Test
Z-score	4,4208
p-value	0,000009833
Hipotesis Alternatif	Perbedaan mean ≠ 0
Interval Kepercayaan 95%	(1,71966 4,45894)
Mean Sebelum (x)	12,674033
Mean Sesudah (y)	9,584733

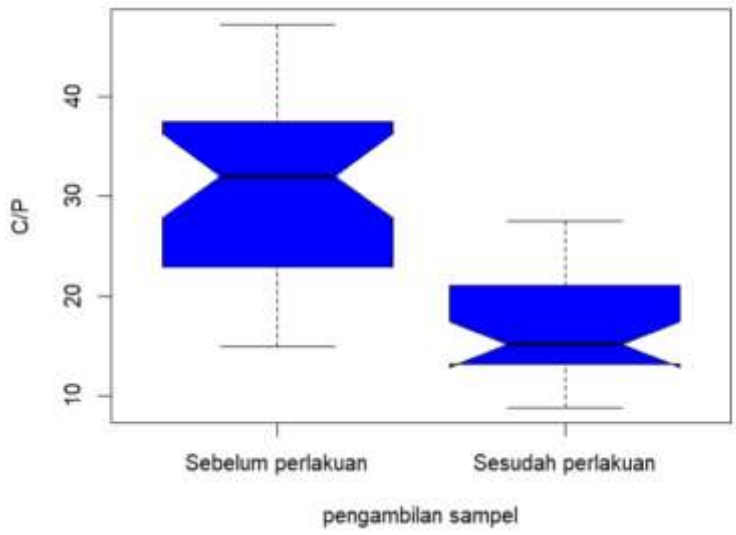


Gambar 4. Rasio CP tanah sebelum dan sesudah perlakuan pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami.

Rasio CP

Perubahan rasio CP tanah sebelum dan sesudah perlakuan pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa rasio CP tanah berkisar antara 15-40. Hasil uji statistik *two-way ANOVA* menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan rasio CP tanah ($p>0,05$). Namun, terjadi penurunan rasio CP sekitar 50% pada kombinasi perlakuan irigasi AWD dengan pembakaran jerami akibat hilangnya karbon sebagai CO_2 (Saidy, 2018). Selain itu, AWD meningkatkan ketersediaan fosfor dengan memicu mineralisasi bahan organik dan pelepasan fosfor ke dalam tanah (Jayadi et al., 2022).

Penurunan rata-rata rasio CP yang relatif kecil (37-40%) terjadi pada perlakuan irigasi *ngenyatin* dengan sebaran nilai CP tidak terlalu lebar. Meskipun kelembapan tanah bervariasi, ketersediaan fosfor dalam sistem irigasi *ngenyatin* mungkin masih tersedia dalam jumlah yang terbatas. Sistem irigasi ini mungkin tidak cukup mengurangi ketersediaan fosfor dalam tanah untuk menurunkan rasio CP secara signifikan. Karena fosfor sering terikat pada mineral tanah (seperti Al dan Fe), perubahan kelembapan yang tidak ekstrem mungkin tidak cukup mengubah kelarutan fosfor tersebut untuk mengakibatkan penurunan besar dalam rasio CP (Rahmadani et al., 2020).



Gambar 5. *Boxplot* rasio CP pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami sebelum dan sesudah perlakuan

Tabel 3. Hasil uji statistik untuk membandingkan rata-rata rasio CP sebelum dan sesudah perlakuan.

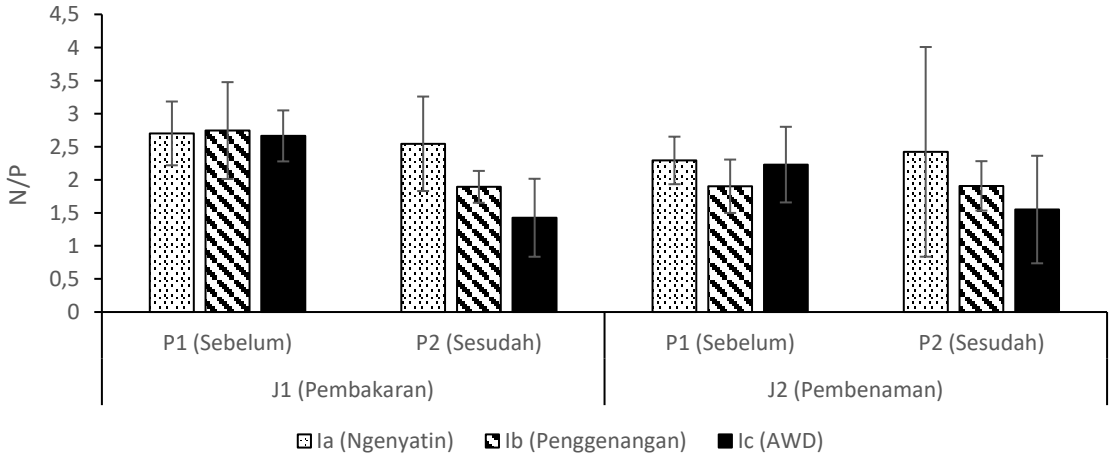
Statistik	Nilai
Uji	Two-sample Z-Test
Z-score	-0,47826
p-value	0,6325
Hipotesis Alternatif	Perbedaan mean ≠ 0
Interval Kepercayaan 95%	(-64,74225 39,34367)
Mean Sebelum (x)	30,63193
Mean Sesudah (y)	43,33123

Uji Z test mengindikasikan bahwa nilai rata-rata rasio CP sebelum dan sesudah perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami sama (p>0,05). Hasil pengujian Z test dapat dilihat pada

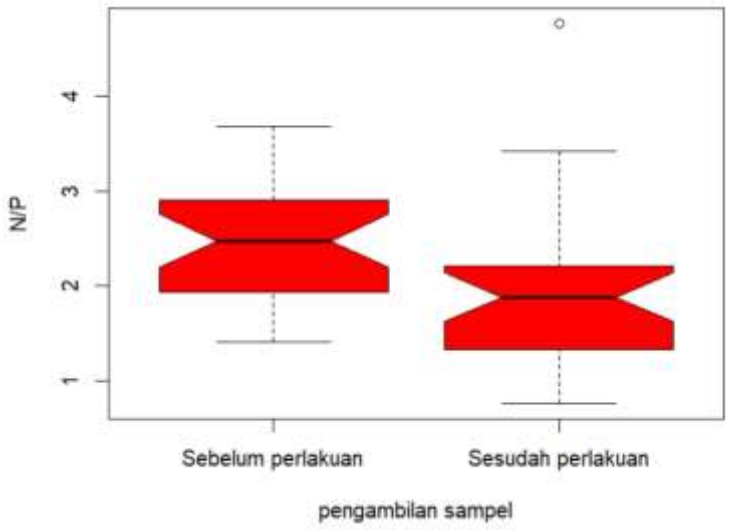
Tabel **3**. *Boxplot* menunjukkan bahwa rasio CP tanah menurun setelah perlakuan dibandingkan sebelum perlakuan disebabkan oleh dekomposisi bahan organik selama pertumbuhan tanaman. Jika jerami tidak dikembalikan atau terdekomposisi cepat, rasio CP turun lebih signifikan karena karbon berkurang lebih cepat dibandingkan fosfor yang tersedia (Kurniawan, 2019).

Rasio NP

Gambar 6 menunjukkan perubahan rasio NP tanah sebelum dan sesudah perlakuan pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami. Hasil uji statistik *two-way ANOVA* pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan rasio NP (p>0,05). Pada Gambar 6 rasio NP tanah berkisar antara 1,5 hingga 3,5. Rasio NP menurun sekitar 46% pada kombinasi irigasi AWD dan pembakaran jerami, tetapi meningkat sekitar 5% pada irigasi *ngenyatin* dengan pembenaman jerami. Peningkatan ini terjadi karena dekomposisi jerami menghasilkan nitrogen dalam bentuk senyawa amonia (NH_3) dan nitrat (NO_3^-) (Sari et al., 2018). Rasio NP yang tinggi dapat disebabkan oleh pemupukan nitrogen berlebih (Siswanto, 2019), rendahnya pelindian fosfor, serta ikatan fosfor dengan Fe dan Al di tanah sawah tergenang. Pelepasan nitrogen dari mineralisasi bahan organik seperti jerami padi juga dapat meningkatkan rasio NP, terutama jika tidak diimbangi dengan input fosfor (Nalita & Darmawan, 2017). Keasaman tanah yang tinggi juga menghambat ketersediaan fosfor (Suntoro, 2003). Sementara pencucian nitrat oleh irigasi membuat nitrogen tetap tersedia, sedangkan fosfor lebih banyak mengendap (Budiyanto, 2016).



Gambar 6. Rasio NP tanah sebelum dan sesudah perlakuan pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami.



Gambar 7. *Boxplot* rasio NP pada kombinasi perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami sebelum dan sesudah perlakuan

Tabel 4. Hasil uji statistik untuk membandingkan rata-rata rasio NP sebelum dan sesudah perlakuan.

Statistik	**Nilai**
Uji	Two-sample Z-Test
Z-score	2,4738
p-value	0,01337
Hipotesis Alternatif	Perbedaan mean ≠ 0
Interval Kepercayaan 95%	(0,09655333 0,83318001)
Mean Sebelum ($\bar{x}_1$)	2,421467
Mean Sesudah ($\bar{x}_2$)	1,956600

Uji Z test mengindikasikan bahwa nilai rata-rata rasio NP sebelum dan sesudah perlakuan irigasi dan pengelolaan jerami tidak sama ($p<0,05$). Hasil pengujian Z test dapat dilihat pada KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, nilai rasio CN berkisar antara 3,81-17,50. Rasio CN mengalami penurunan pada semua perlakuan, dimana penurunan terbesar sekitar 40% terjadi pada kombinasi irigasi penggenangan dan pembenaman jerami. Nilai rasio CP berkisar antara 8,83-47,16. Rasio CP juga mengalami penurunan yang lebih signifikan sekitar 50% pada irigasi AWD dan pembakaran jerami. Nilai rasio NP berkisar 0,75-4,77. Rasio NP menunjukkan fluktuasi, penurunan rasio NP sekitar 46% ditemukan pada kombinasi irigasi AWD dan pembakaran jerami. Namun ada peningkatan rasio NP sekitar 5% pada kombinasi perlakuan irigasi *ngenyatin* dan pembenaman jerami. Kombinasi perlakuan pengelolaan irigasi dan jerami yang memberikan hasil lebih stabil dalam perubahan stokiometri C:N:P pada tanah adalah pembenaman jerami dan sistem irigasi AWD. Pembenaman jerami lebih efektif dalam menjaga keseimbangan karbon dan nitrogen dibandingkan pembakaran jerami. Sistem irigasi AWD lebih optimal dalam mempertahankan ketersediaan fosfor dalam tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Budiyanto, G. (2016). Pengendalian pencucian senyawa nitrat guna meningkatkan produktivitas lahan marginal pantai kulon progo DIY. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, *4*(1), 46–57. https://doi.org/10.18196/pt.2016.056.46-57

Cao, Y., Li, Y. N., Zhang, G. Q., Zhang, J., & Chen, M. (2020). Fine root C:N:P stoichiometry and its driving factors across forest ecosystems in northwestern China. *Sci. Total Environ*, *737*(140299). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140299

Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem. (2018). *Panduan Praktikum Sifat Alami Tanah*.

Elser, J. J., Sterner, R. W., Gorokhova, E., Fagan, W. F., Markow, T. A., & Cotner, J. B. (2000). Biological stoichiometry from genes to ecosystems. *Ecol. Lett*, *3*, 540–550. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00185.x

FAO. (2013). Rice farming : saving water through alternate wetting climate change adaptation and disaster risk reduction. *The International Rice Research Institute (IRRI)*, 1–3.

Garrish, V., Cernusak, L. A., Winter, K., & Turner, B. L. (2010). Nitrogen to phosphorus ratio of plant biomass versus soil solution in a tropical pioneer tree, Ficus insipida. *Journal of Experimental Botany*, *61*(13), 3735–3748. https://doi.org/10.1093/jxb/erq183

Gummert, M., Van Hung, N., Chivenge, P., & Douthwaite, B. (2019). Sustainable rice straw management. In *Sustainable Rice Straw Management*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8

Handayani, S. (2024). *Panduan praktikum watak dan sifat tanah*.

Haque, A. N. A., Uddin, M. K., Sulaiman, M. F., Amin, A. M., Hossain, M., Aziz, A. A., & Mosharrof, M. (2021). Impact of organic amendment with alternate wetting and drying irrigation on rice yield, water use efficiency and physicochemical properties of soil. *Agronomy*, *11*(8). https://doi.org/10.3390/agronomy11081529

Jayadi, M., Juita, N., & Wulansari, H. (2022). *Analisis fosfor tanah pada lahan sawah irigasi dan sawah tadah hujan di kecamatan duampanua kabupaten pinrang*. *11*(2), 191–207. https://doi.org/10.20956/ecosolum.v11i2.24460

Kurniawan, R. (2019). Pemanfatan limbah biogas,jerami dan sekam untuk pembuatan kompos di desa dagangan kecematan dagangan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699.

Kusumawardani, P. N., Bimantara, P. O., Guigue, J., Haga, C., Sasaki, Y., Kautsar, V., Kimani, S. M., Nguyen-Sy, T., Tang, S., Purwanto, B. H., Utami, S. N. H., Tawaraya, K., Sugawara, K., & Cheng, W. (2022). Carbon and nitrogen dynamics as affected by land-use and management change from original rice paddies to orchard, wetland, parking area and uplands in a mountain village located in Shonai region, Northeast Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, *68*(1), 114–123. https://doi.org/10.1080/00380768.2021.2017235

Liesack, W., Schnell, S., & Revsbech, N. P. (2000). Microbiology of flooded rice paddies. *FEMS Microbiology Reviews*, *24*(5), 625–645. https://doi.org/10.1016/S0168-6445(00)00050-4

Liu, H. Y., Zhou, J. G., Shen, J., Li, Y. Y., Li, Y., Ge, T. D., Guggenberger, G., & Wu, J. (2016). Agricultural uses reshape soil C, N, and P stoichiometry in subtropical ecosystems. *Biogeosciences Discussions*, *June*, 1–23. https://doi.org/10.5194/bg-2016-211

Liu, X., Herbert, S. J., Hashemi, A. M., Zhang, X., & Ding, G. (2006). Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation. *Plant, Soil and Environment*, *52*(12), 531–543. https://doi.org/10.17221/3544-pse

Nalita, M., & Darmawan, D. (2017). Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan fosfor pada tanah-tanah kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah Dan Lahan*, *1*(1), 65–71.

Navya, K., Uma Reddy, R., Krishna Chaitanya, A., & Suneetha Devi, K. B. (2024). Effect of different kharif paddy straw management options and nitrogen levels on soil organic carbon and soil total carbon and nitrogen. *International Journal of Plant & Soil Science*, *36*(5), 763–770. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54574

Prasetya, I. K. A., Tika, I. W., & Sumiyati, S. (2013). Kajian penghematan air irigasi pada metode system of rice intensification (SRI) dan teknik irigasi berselang (ngenyatin) pada budidaya padi. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 1–9.

Rahmadani, S., Nurrochmad, F., & Sujono, J. (2020). Analisis sistem pemberian air terhadap tanah sawah berbahan organik. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, *6*(2), 66–75.

Rhofita, E. I. (2016). Kajian pemanfaatan limbah jerami padi di bagian hulu. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, *1*(2), 74–79. https://doi.org/10.29080/alard.v1i2.118

Rinasoa, S., Nishigaki, T., Rabeharisoa, L., Tsujimoto, Y., & Rakotoson, T. (2022). Organic materials with high P and low C:P ratio improve P availability for lowland rice in highly weathered soils: Pot and incubation experiments. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *185*(4), 475–485. https://doi.org/10.1002/jpln.202100266

Saidy, A. R. (2018). Bahan Organik Tanah: klasifikasi, fungsi dan metode studi. In *University Press*.

Sari. (2019). Analisis kebutuhan air irigasi untuk lahan persawahan dusun to'pongo desa awo gading kecamatan lamasi. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, *4*(1), 47. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i1.214

Sari, R. P., Iswanto, B., & Indrawati, D. (2018). Pengaruh variasi rasio C/N terhadap kualitas kompos dari sampah organik secara anaerob. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke*, *4*, 657–663.

Setiawati, M. R., Herdiyantoro, D., Damayani, M., & Suryatmana, P. (2019). Analisis C, N, C/N ratio tanah dan hasil padi yang diberi pupuk organik dan pupuk hayati berbasis azolla pada lahan sawah organik. *Ilmiah Lingkungan*, *16*(2), 30–36.

Singh, Y., Singh, B., Ladha, J. K., & Khind, C. S. (2004). Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice - wheat rotation. *Soil Science Society of America*, *68*(3), 854–864.

. *Boxplot* menunjukkan penurunan median rasio NP setelah perlakuan, yang berarti adanya peningkatan ketersediaan fosfor relatif terhadap nitrogen akibat mineralisasi fosfor dari bahan organik atau imobilisasi nitrogen oleh mikroba (Setiawati et al., 2019). Sampel sebelum perlakuan memiliki rentang nilai yang lebih tinggi. Namun, keberadaan *outlier* pada sampel setelah panen menunjukkan bahwa beberapa titik sampel masih memiliki rasio NP yang tinggi, yang dapat disebabkan oleh perbedaan tingkat dekomposisi dan laju pelepasan fosfor.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, nilai rasio CN berkisar antara 3,81-17,50. Rasio CN mengalami penurunan pada semua perlakuan, dimana penurunan terbesar sekitar 40% terjadi pada kombinasi irigasi penggenangan dan pembenaman jerami. Nilai rasio CP berkisar antara 8,83-47,16. Rasio CP juga mengalami penurunan yang lebih signifikan sekitar 50% pada irigasi AWD dan pembakaran jerami. Nilai rasio NP berkisar 0,75-4,77. Rasio NP menunjukkan fluktuasi, penurunan rasio NP sekitar 46% ditemukan pada kombinasi irigasi AWD dan pembakaran jerami. Namun ada peningkatan rasio NP sekitar 5% pada kombinasi perlakuan irigasi *ngenyatin* dan pembenaman jerami. Kombinasi perlakuan pengelolaan irigasi dan jerami yang memberikan hasil lebih stabil dalam perubahan stokiometri C:N:P pada tanah adalah pembenaman jerami dan sistem irigasi AWD. Pembenaman jerami lebih efektif dalam menjaga keseimbangan karbon dan nitrogen dibandingkan pembakaran jerami. Sistem irigasi AWD lebih optimal dalam mempertahankan ketersediaan fosfor dalam tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Budiyanto, G. (2016). Pengendalian pencucian senyawa nitrat guna meningkatkan produktivitas lahan marginal pantai kulon progo DIY. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, *4*(1), 46–57. https://doi.org/10.18196/pt.2016.056.46-57

Cao, Y., Li, Y. N., Zhang, G. Q., Zhang, J., & Chen, M. (2020). Fine root C:N:P stoichiometry and its driving factors across forest ecosystems in northwestern China. *Sci. Total Environ*, *737*(140299). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140299

Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem. (2018). *Panduan Praktikum Sifat Alami Tanah*.

Elser, J. J., Sterner, R. W., Gorokhova, E., Fagan, W. F., Markow, T. A., & Cotner, J. B. (2000).

Siswanto, B. (2019). Sebaran unsur hara N, P, K dan Ph dalam tanah. *Buana Sains*, *18*(2), 109. https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1184

Sukaryorini, P., Fuad, A. M., & Santoso, S. (2016). Pengaruh macam bahan organik terhadap ketersediaan amonium (NH4+), C-organik dan populasi mikroorganisme pada tanah entisol. *Plumula*, *5*(2), 99–106.

Suntoro. (2003). Peranan bahan organik terhadap kesuburan tanah dan upaya pengelolaannya. *Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah Dan Upaya Pengelolaannya*, 10.

Syafruddin, Hasan, H., & Amin, F. (2016). Analisis kadar protein pada ikan lele (Clarias batrachus) yang beredar di pasar tradisional di kabupaten Gowa dengan menggunakan metode Kjeldahl. *Jurnal Farmasi*, *13*(2), 77–87.

Zhang, M., & He, Z. (2004). Long-term changes in organic carbon and nutrients of an Ultisol under rice cropping in southeast China. *Geoderma*, *118*(3–4), 167–179. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00191-5

Biological stoichiometry from genes to ecosystems. *Ecol. Lett*, *3*, 540–550. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00185.x

FAO. (2013). Rice farming : saving water through alternate wetting climate change adaptation and disaster risk reduction. *The International Rice Research Institute (IRRI)*, 1–3.

Garrish, V., Cernusak, L. A., Winter, K., & Turner, B. L. (2010). Nitrogen to phosphorus ratio of plant biomass versus soil solution in a tropical pioneer tree, Ficus insipida. *Journal of Experimental Botany*, *61*(13), 3735–3748. https://doi.org/10.1093/jxb/erq183

Gummert, M., Van Hung, N., Chivenge, P., & Douthwaite, B. (2019). Sustainable rice straw management. In *Sustainable Rice Straw Management*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8

Handayani, S. (2024). *Panduan praktikum watak dan sifat tanah*.

Haque, A. N. A., Uddin, M. K., Sulaiman, M. F., Amin, A. M., Hossain, M., Aziz, A. A., & Mosharrof, M. (2021). Impact of organic amendment with alternate wetting and drying irrigation on rice yield, water use efficiency and physicochemical properties of soil. *Agronomy*, *11*(8). https://doi.org/10.3390/agronomy11081529

Jayadi, M., Juita, N., & Wulansari, H. (2022). *Analisis fosfor tanah pada lahan sawah irigasi dan sawah tadah hujan di kecamatan duampanua kabupaten pinrang*. *11*(2), 191–207. https://doi.org/10.20956/ecosolum.v11i2.24460

Kurniawan, R. (2019). Pemanfatan limbah biogas,jerami dan sekam untuk pembuatan kompos di desa dagangan kecematan dagangan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699.

Kusumawardani, P. N., Bimantara, P. O., Guigue, J., Haga, C., Sasaki, Y., Kautsar, V., Kimani, S. M., Nguyen-Sy, T., Tang, S., Purwanto, B. H., Utami, S. N. H., Tawaraya, K., Sugawara, K., & Cheng, W. (2022). Carbon and nitrogen dynamics as affected by land-use and management change from original rice paddies to orchard, wetland, parking area and uplands in a mountain village located in Shonai region, Northeast Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, *68*(1), 114–123. https://doi.org/10.1080/00380768.2021.2017235

Liesack, W., Schnell, S., & Revsbech, N. P. (2000). Microbiology of flooded rice paddies. *FEMS Microbiology Reviews*, *24*(5), 625–645. https://doi.org/10.1016/S0168-6445(00)00050-4

Liu, H. Y., Zhou, J. G., Shen, J., Li, Y. Y., Li, Y., Ge, T. D., Guggenberger, G., & Wu, J. (2016). Agricultural uses reshape soil C, N, and P stoichiometry in subtropical ecosystems. *Biogeosciences Discussions*, *June*, 1–23. https://doi.org/10.5194/bg-2016-211

Liu, X., Herbert, S. J., Hashemi, A. M., Zhang, X., & Ding, G. (2006). Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation. *Plant, Soil and Environment*, *52*(12), 531–543. https://doi.org/10.17221/3544-pse

Nalita, M., & Darmawan, D. (2017). Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan fosfor pada tanah-tanah kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah Dan Lahan*, *1*(1), 65–71.

Navya, K., Uma Reddy, R., Krishna Chaitanya, A., & Suneetha Devi, K. B. (2024). Effect of different kharif paddy straw management options and nitrogen levels on soil organic carbon and soil total carbon and nitrogen. *International Journal of Plant & Soil Science*, *36*(5), 763–770. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54574

Prasetya, I. K. A., Tika, I. W., & Sumiyati, S. (2013). Kajian penghematan air irigasi pada metode system of rice intensification (SRI) dan teknik irigasi berselang (ngenyatin) pada budidaya padi. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 1–9.

Rahmadani, S., Nurrochmad, F., & Sujono, J. (2020). Analisis sistem pemberian air terhadap tanah sawah berbahan organik. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, *6*(2), 66–75.

Rhofita, E. I. (2016). Kajian pemanfaatan limbah jerami padi di bagian hulu. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, *1*(2), 74–79. https://doi.org/10.29080/alard.v1i2.118

Rinasoa, S., Nishigaki, T., Rabeharisoa, L., Tsujimoto, Y., & Rakotoson, T. (2022). Organic materials with high P and low C:P ratio improve P availability for lowland rice in highly

weathered soils: Pot and incubation experiments. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *185*(4), 475–485. https://doi.org/10.1002/jpln.202100266

Saidy, A. R. (2018). Bahan Organik Tanah: klasifikasi, fungsi dan metode studi. In *University Press*.

Sari. (2019). Analisis kebutuhan air irigasi untuk lahan persawahan dusun to'pongo desa awo gading kecamatan lamasi. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, *4*(1), 47. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i1.214

Sari, R. P., Iswanto, B., & Indrawati, D. (2018). Pengaruh variasi rasio C/N terhadap kualitas kompos dari sampah organik secara anaerob. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke*, *4*, 657–663.

Setiawati, M. R., Herdiyantoro, D., Damayani, M., & Suryatmana, P. (2019). Analisis C, N, C/N ratio tanah dan hasil padi yang diberi pupuk organik dan pupuk hayati berbasis azolla pada lahan sawah organik. *Ilmiah Lingkungan*, *16*(2), 30–36.

Singh, Y., Singh, B., Ladha, J. K., & Khind, C. S. (2004). Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice - wheat rotation. *Soil Science Society of America*, *68*(3), 854–864.

Siswanto, B. (2019). Sebaran unsur hara N, P, K dan Ph dalam tanah. *Buana Sains*, *18*(2), 109. https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1184

Sukaryorini, P., Fuad, A. M., & Santoso, S. (2016). Pengaruh macam bahan organik terhadap ketersediaan amonium (NH4+), C-organik dan populasi mikroorganisme pada tanah entisol. *Plumula*, *5*(2), 99–106.

Suntoro. (2003). Peranan bahan organik terhadap kesuburan tanah dan upaya pengelolaannya. *Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah Dan Upaya Pengelolaannya*, 10.

Syafruddin, Hasan, H., & Amin, F. (2016). Analisis kadar protein pada ikan lele (Clarias batrachus) yang beredar di pasar tradisional di kabupaten Gowa dengan menggunakan metode Kjeldahl. *Jurnal Farmasi*, *13*(2), 77–87.

Zhang, M., & He, Z. (2004). Long-term changes in organic carbon and nutrients of an Ultisol under rice cropping in southeast China. *Geoderma*, *118*(3–4), 167–179. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00191-5