Agricola
Vol. 16 (3): 380-388, Oktober 2026
e-ISSN: 2354-7731; p-ISSN: 2088-1673
doi:https://doi.org/10.35724/ag.v16i3.7961

Dinamika Pertumbuhan Vegetatif Padi Impari 45 Pada Sistem Padi Apung (*Floating rice*) dan Sawah Konvensional di Wamena

Vegetative Growth Dynamics of Inpari 45 Rice under Floating rice and Conventional Paddy Systems in Wamena

Meri Berliana[1]*, Alber Tulak[1], Erinus Mosip[2], Mario Kogoya[1], Paulina Ngoranmele[2]

AFILIASI
[1]Program Studi Agribisnis, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Petra Baliem, Wamena
[2]Program Studi Agroteknologi, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Petra Baliem, Wamena

*Korespondensi:
merrysimatupang93@gmail.com

Diterima: 20-08-2026
Disetujui: 26-10-2026

COPYRIGHT @ 2026 by Agricola: Jurnal Pertanian. This work is licensed under a Creative Commons Attributions 4.0 International License

ABSTRACT
Rice cultivation in tropical highlands requires cultivation systems that can maintain vegetative growth under specific agroecological conditions. This study evaluated the vegetative growth dynamics of Inpari 45 rice under floating rice and conventional paddy systems in Wamena. The experiment consisted of two cultivation systems, three biological replications per system, four subsamples per replication, and four observation times (0 days after planting, 2 weeks after planting, 1 month after planting, and 2 months after planting), resulting in 96 observations. Leaf length, leaf width, and number of plants per hill were analyzed using a hierarchical repeated-measures linear mixed model with cultivation system, time, and cultivation system × time interaction as fixed effects and an AR(1) covariance structure. Cultivation system, time, and their interaction significantly affected all three vegetative traits ($p<0.05$). At 2 months after planting, floating rice produced longer leaves (51.42±1.13 cm) than conventional paddy (42.08±0.52 cm), with an adjusted pairwise p-value of 0.0033. Leaf width was also greater under floating rice at 2 months (1.70±0.03 cm) than under conventional paddy (1.21±0.04 cm; adjusted $p=0.0027$). In contrast, the number of plants per hill was lower under floating rice at 1 month (8.75±0.43 vs 12.75±0.25; adjusted $p=0.0189$) and 2 months (13.00±0.25 vs 16.58±0.38; adjusted $p=0.0281$). These results indicate that floating cultivation modified the temporal vegetative growth pattern of Inpari 45 by promoting leaf expansion at later growth stages while reducing the increase in plant number per hill relative to conventional paddy cultivation.
KEYWORDS: Conventional, Inpari 45, Floating rice, Paddy, Vegetative growth, Wamena

ABSTRAK
Budidaya padi pada dataran tinggi tropis memerlukan sistem budidaya yang mampu mempertahankan pertumbuhan vegetatif pada kondisi agroekologi spesifik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dinamika pertumbuhan vegetatif padi Inpari 45 pada sistem *floating rice* dan sawah konvensional di Wamena. Percobaan terdiri atas dua sistem budidaya, tiga replikasi biologis pada setiap sistem, empat subsampel pada setiap replikasi, dan empat waktu pengamatan, yaitu 0 HST, 2 minggu HST, 4 minggu HST, dan 8 minggu HST, sehingga diperoleh 96 observasi. Panjang daun, lebar daun, dan jumlah tanaman per rumpun dianalisis menggunakan linear mixed model hierarkis untuk pengukuran berulang dengan sistem budidaya, waktu, dan interaksi sistem budidaya, waktu sebagai efek tetap serta struktur kovariansi AR (1). Sistem budidaya, waktu, dan interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap ketiga karakter vegetatif ($p<0,05$). Pada 8 minggu HST, sistem *floating rice* menghasilkan daun yang lebih panjang (51,42±1,13 cm) dibandingkan sawah konvensional (42,08±0,52 cm), dengan p terkoreksi 0,0033. Lebar daun pada *floating rice* juga lebih besar pada 8 minggu HST (1,70±0,03 cm) dibandingkan sawah konvensional (1,21±0,04 cm; p terkoreksi= 0,0027). Sebaliknya, jumlah tanaman per rumpun pada *floating rice* lebih rendah pada 4 minggu HST (8,75±0,43 dibandingkan 12,75±0,25; p terkoreksi= 0,0189) dan 8 minggu HST (13,00±0,25 dibandingkan 16,58±0,38; p terkoreksi= 0,0281). Hasil ini menunjukkan bahwa sistem terapung mengubah pola temporal pertumbuhan vegetatif Inpari 45, terutama melalui peningkatan ekspansi daun pada fase pertumbuhan lanjut, tetapi dengan peningkatan jumlah tanaman per rumpun yang lebih rendah dibandingkan sawah konvensional.
KATA KUNCI: Konvensional, Inpari 45, *Floating rice*, Padi, Pertumbuhan vegetatif, Wamena

1. PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan strategis yang produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh interaksi antara genotipe, lingkungan, dan sistem budidaya. Salah satu komponen lingkungan yang sangat

menentukan pertumbuhan padi adalah kondisi air dan lingkungan zona perakaran. Perubahan kondisi hidrologis dapat memengaruhi ketersediaan oksigen, perkembangan sistem perakaran, fotosintesis, pembentukan anakan, akumulasi biomassa, serta distribusi asimilat tanaman. Respons tersebut menjadi semakin penting pada lingkungan dengan karakter agroekologi spesifik karena kemampuan tanaman mempertahankan pertumbuhan vegetatif akan menentukan pembentukan tajuk dan kapasitas produksi pada fase berikutnya (Kumar et al., 2021; Mittal et al., 2022; Zhu et al., 2023; Adrianus & Andari, 2020; Suleman et al., 2026).

Padi memiliki mekanisme adaptasi yang relatif kompleks terhadap perubahan kondisi air. Respons tersebut melibatkan perubahan morfologi akar dan tajuk, pembentukan aerenkima, pengaturan pemanjangan batang, perubahan keseimbangan hormon, serta penyesuaian aktivitas fotosintesis dan metabolisme energi. Kondisi air yang berbeda juga dapat menghasilkan respons pertumbuhan yang tidak selalu searah antarparameter. Peningkatan tinggi tanaman, misalnya, tidak selalu menunjukkan peningkatan vigor karena pemanjangan tajuk dapat menjadi bagian dari strategi adaptasi terhadap kondisi lingkungan perakaran tertentu. Sebaliknya, kemampuan mempertahankan pembentukan anakan, luas daun, dan biomassa dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai keberhasilan adaptasi tanaman (Kato et al., 2020; Lin et al., 2024; Ashikari & Bailey-Serres, 2025).

Salah satu pendekatan budidaya yang berkembang untuk menghadapi keterbatasan lingkungan berbasis air adalah sistem *floating rice*. Berbeda dengan sawah konvensional yang menempatkan akar tanaman secara langsung pada tanah, sistem terapung menggunakan media tumbuh yang ditempatkan pada struktur atau rakit terapung. Konfigurasi tersebut menghasilkan lingkungan perakaran yang berbeda dalam hal hubungan air–udara, ruang perakaran, dinamika hara, dan interaksi akar dengan media tumbuh. Di Indonesia, pengembangan sistem *floating rice* telah menunjukkan bahwa padi dapat dibudidayakan pada platform terapung dan memberikan respons pertumbuhan serta agronomi yang berbeda menurut varietas dan konfigurasi sistem budidaya (Mujiyo et al., 2022; Widodo et al., 2025; Nasrudin et al., 2025; Fachrizal & Monika, 2021; Nooyo & Nasrul, 2022).

Perbedaan lingkungan perakaran tersebut berpotensi mengubah dinamika pertumbuhan vegetatif padi. Akar merupakan organ utama yang menghubungkan kondisi lingkungan tumbuh dengan perkembangan tajuk. Perubahan aerasi dan ketersediaan air pada zona akar dapat menginduksi penyesuaian morfologi dan fisiologi akar yang selanjutnya memengaruhi pertumbuhan tajuk (Bian et al., 2023; Peralta Ogorek et al., 2024; Lin et al., 2024). Penelitian pada padi yang mengalami kondisi air berbeda menunjukkan bahwa respons tinggi tanaman, jumlah anakan, indeks luas daun, dan biomassa dapat berubah sepanjang fase pertumbuhan, sehingga evaluasi pada satu waktu pengamatan belum cukup untuk menggambarkan respons tanaman secara keseluruhan (Zhu et al., 2023; Duan et al., 2025; Barus et al., 2026).

Aspek temporal tersebut penting karena pembentukan tajuk padi berlangsung secara dinamis. Tinggi tanaman berkembang melalui aktivitas meristem dan pemanjangan jaringan, sedangkan pembentukan anakan sangat dipengaruhi oleh keseimbangan pertumbuhan batang utama, ketersediaan sumber daya, dan kondisi lingkungan. Arsitektur tanaman padi merupakan karakter kompleks yang dikendalikan oleh faktor genetik tetapi ekspresinya sangat dipengaruhi oleh lingkungan tumbuh (Tanaka et al., 2023; Nagai & Ashikari, 2023). Oleh karena itu, perbandingan sistem budidaya sebaiknya tidak hanya didasarkan pada ukuran tanaman pada akhir fase vegetatif, tetapi juga pada pola perubahan karakter pertumbuhan selama perkembangan tanaman.

Konteks tersebut menjadi semakin penting pada budidaya padi di Wamena yang berada pada agroekosistem dataran tinggi tropis. Lingkungan dataran tinggi memiliki kondisi termal yang berbeda dibandingkan sentra produksi padi dataran rendah. Temperatur yang lebih rendah dapat memengaruhi laju perkembangan tanaman, pembentukan tajuk, lama fase pertumbuhan, dan kemampuan suatu genotipe menyelesaikan siklus hidupnya. Penelitian pada sistem produksi padi dataran tinggi menunjukkan adanya perbedaan respons genotipe terhadap kondisi lingkungan serta pentingnya kesesuaian sistem budidaya dalam mempertahankan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Razafindrazaka et al., 2020; Abera et al., 2022).

Inpari 45 merupakan salah satu varietas padi yang berpotensi dievaluasi pada kondisi agroekologi tersebut. Namun, informasi mengenai respons vegetatif Inpari 45 pada sistem budidaya terapung, khususnya ketika dibandingkan secara langsung dengan sawah konvensional pada agroekosistem dataran tinggi, masih terbatas. Penelitian *floating rice* sebelumnya lebih banyak mengevaluasi varietas atau genotipe lain dan sebagian besar dilakukan pada lingkungan yang berbeda dari Wamena. Dengan demikian, belum diketahui apakah perubahan sistem budidaya dari media tanah sawah menjadi media terapung menghasilkan pola pertumbuhan vegetatif Inpari 45 yang sama atau berbeda sepanjang fase pertumbuhan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dinamika pertumbuhan vegetatif padi Inpari 45 pada sistem *floating rice* dan sawah konvensional di Wamena. Analisis difokuskan pada

perubahan panjang daun, lebar daun, dan jumlah tanaman per rumpun pada empat waktu pengamatan untuk mengidentifikasi pola respons Inpari 45 terhadap perbedaan sistem budidaya. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi ilmiah mengenai adaptasi pertumbuhan Inpari 45 sekaligus menjadi dasar evaluasi potensi *floating rice* sebagai alternatif sistem budidaya padi pada agroekosistem dataran tinggi tropis.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Februari – Juli 2026 di Wamena, Kabupaten Jayawijaya, Provinsi Papua Pegunungan. Lokasi penelitian berada pada ketinggian sekitar 1.800 m di atas permukaan laut dengan koordinat 4,07° LS dan 138,95° BT. Kondisi lingkungan di wilayah Wamena dan sekitarnya selama periode penelitian dicirikan oleh suhu udara dataran tinggi yang relatif rendah dengan suhu udara rata-rata 15°C – 19,3°C, kelembapan relatif sekitar 76–77% dan curah hujan bulanan yang secara klimatologis berkisar 130–200 mm/bulan.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi benih padi varietas Inpari 45, media tanam apung digunakan bambu, pot plastik, tali, dan sekam bakar, bahan konstruksi rakit *floating rice* dan bahan pendukung budidaya lainnya seperti wadah sekam, dan pupuk organik/kompos. Alat yang digunakan untuk pengamatan meliputi penggaris atau meteran untuk mengukur panjang daun, alat ukur lebar daun, kamera, dan alat tulis. Data pengamatan selanjutnya ditabulasi dan dianalisis secara statistik menggunakan pendekatan *linear mixed model* untuk pengukuran berulang.

2.3. Rancangan Penelitian

Penelitian membandingkan dua sistem budidaya, yaitu sistem *floating rice* dan sawah konvensional. Setiap sistem terdiri atas tiga replikasi biologis dan setiap replikasi terdiri atas empat subsampel tanaman. Pengamatan dilakukan pada empat waktu yang sama yaitu 0 HST, 2 minggu HST, 4 minggu HST, dan 8 minggu HST, sehingga total data yang dianalisis adalah 96 observasi (2 sistem budidaya x 3 replikasi biologis x 4 subsampel x 4 waktu pengamatan). Struktur ini digunakan untuk mempertahankan replikasi biologis sebagai unit inferensi dan menghindari pseudoreplikasi.

Sistem *floating rice* menggunakan bambu yang dirakit menggunakan tali, dan media tanah yang diberi pupuk kompos yang ditempatkan dalam pot kecil sebagai media tumbuh, jarak tanam 30 cm x 30 cm, jumlah tanaman per rumpun/pot sekitar 7-12 tanaman, serta posisi rakit mengapung di atas permukaan air. Pada sawah konvensional, tanaman ditanam pada lahan sawah sedikit berair, jarak tanam 25 cm x 25 cm, kondisi pengairan berdasarkan air hujan, media tanam langsung di lahan tanah yang diolah dan diberi pupuk kompos sebelum tanam. Untuk menjaga validitas perbandingan, perlakuan agronomi selain sistem budidaya, terutama umur bibit, jarak tanam, pemupukan, dan waktu pengamatan, dibuat sama/setara sesuai kondisi penelitian yang telah direncanakan.

2.4. Prosedur Penelitian

Benih Inpari 45 disemai menggunakan metode pemeraman benih (*pre-germination*) selama 2 hari. Bibit yang memiliki pertumbuhan seragam dipindahkan ke masing-masing sistem budidaya pada umur 20 hari setelah semai. Pada sistem *floating rice*, bibit ditanam pada media pot berisi sekam bakar yang ditempatkan pada rakit berukuran 3 m x 3 m. Rakit ditempatkan pada kolam berair dengan kedalaman air 70 cm – 80 cm. Pada sistem sawah konvensional, bibit ditanam langsung pada petak sawah dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm. Pemeliharaan meliputi pemupukan menggunakan pupuk organik berupa kompos, pengendalian gulma pengambilan hama secara konvensional, pengelolaan air tadah hujan, serta pengendalian organisme pengganggu tanaman sesuai kondisi lapangan.

2.5. Variabel Pengamatan

Pertumbuhan vegetatif diamati secara periodik pada 0 HST, 2 minggu HST, 4 mingguHST, dan 8 minggu HST. Pengamatan dilakukan pada unit tanaman yang sama sepanjang periode pengamatan sehingga data memiliki struktur pengukuran berulang. Variabel pengamatan meliputi: Panjang daun (cm), diukur pada daun sampel yang sama sesuai prosedur pengamatan lapangan pada setiap waktu pengamatan. Lebar daun (cm), diukur pada bagian daun yang ditetapkan secara konsisten pada setiap waktu pengamatan. Jumlah tanaman per rumpun, dihitung sebagai jumlah tanaman yang terdapat pada setiap rumpun sampel pada masing-masing waktu pengamatan.

2.6. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan *hierarchical repeated-measures linear mixed model* (LMM). Sistem budidaya, waktu pengamatan, dan interaksi sistem budidaya × waktu dimasukkan sebagai *fixed effects*. Struktur hierarkis replikasi biologis dan subsampel dimasukkan untuk mengakomodasi ketergantungan data, sedangkan korelasi pengukuran berulang dalam tanaman dimodelkan menggunakan struktur *autoregressive*

orde pertama AR(1). Struktur AR(1) digunakan sebagai model utama karena memberikan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) yang lebih rendah dibandingkan struktur independen (IID) pada seluruh variabel. Inferensi efek sistem budidaya dikalibrasi pada tingkat replikasi biologis.

Signifikansi *fixed effects* dievaluasi pada taraf 5% menggunakan F aproksimasi dengan derajat bebas konservatif. Apabila interaksi sistem budidaya x waktu nyata, perbandingan kedua sistem pada setiap waktu dilakukan menggunakan *estimated marginal means* (EMMeans) dengan koreksi Bonferroni. Nilai $p<0,05$ setelah koreksi dianggap berbeda nyata. Statistik deskriptif disajikan sebagai rerata±simpangan baku dari tiga replikasi biologis, dengan setiap replikasi merupakan rerata dari empat subsampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

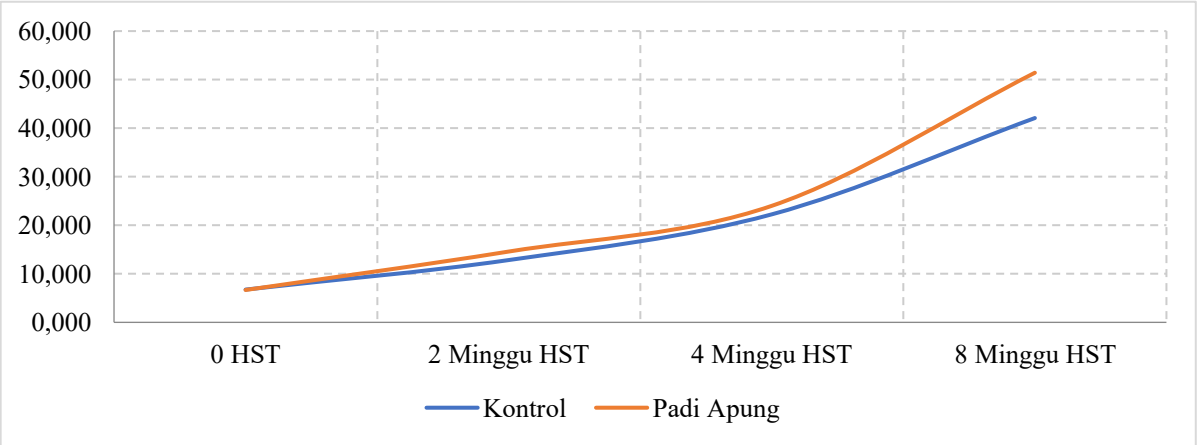
3.1. Dinamika Panjang Daun

Panjang daun Inpari 45 meningkat secara progresif pada kedua sistem budidaya, tetapi laju peningkatannya berbeda antarwaktu (Tabel 1). Pada 0 HST, rerata panjang daun pada sawah konvensional sebesar 6,75±0,25 cm dan pada *floating rice* 6,67±0,14 cm. Pada 2 minggu HST dan 4 mingguHST, *floating rice* menunjukkan rerata panjang daun 1,75 cm lebih tinggi daripada sawah konvensional, tetapi perbedaan pada kedua waktu tersebut belum nyata setelah koreksi Bonferroni. Perbedaan yang jelas muncul pada 8 minggu HST, ketika panjang daun pada *floating rice* mencapai 51,42±1,13 cm, sedangkan sawah konvensional mencapai 42,08±0,52 cm.

Table 1. DInamika Panjang Daun (cm) Inpari 45 pada Sistem Floating Rice dan Sawah Konvensional

Sistem budidaya	0 HST	2 Minggu HST	4 mingguHST	8 minggu HST
Floating rice	6,67±0,14	14,58±0,52	24,00±0,00	51,42±1,13
Sawah konvensional	6,75±0,25	12,83±0,14	22,25±0,43	42,08±0,52

Keterangan: Nilai merupakan rerata±SD dari tiga replikasi biologis. Perbandingan antar sistem pada setiap waktu menggunakan EMMeans dengan koreksi Bonferroni. Perbedaan nyata pada 8 minggu HST (selisih floating rice−konvensional=9,33 cm; p terkoreksi=0,0033); perbedaan pada waktu lain tidak nyata (p terkoreksi>0,05).



Gambar 1. Trajektori Panjang Daun Pada Sawah konvensional dan Padi Apung

Hasil LMM menunjukkan bahwa sistem budidaya berpengaruh nyata terhadap panjang daun ($F(1,4) = 20,16$; $p=0,0109$). Waktu pengamatan juga berpengaruh sangat nyata ($F(3,12) = 1309,83$; $p<0,001$), demikian pula interaksi sistem budidaya × waktu ($F(3,12)= 21,78$; $p<0,001$). Interaksi yang nyata menunjukkan bahwa pengaruh *floating rice* terhadap panjang daun tidak konstan sejak awal pengamatan, tetapi menjadi semakin besar seiring perkembangan tanaman, terutama pada 8 minggu HST.

Perbedaan pola panjang daun menunjukkan bahwa Inpari 45 memberikan respons morfologis terhadap lingkungan tumbuh yang dibentuk oleh kedua sistem budidaya. Arsitektur tanaman padi merupakan hasil interaksi mekanisme genetik dengan lingkungan (Tanaka et al., 2023), sedangkan perkembangan dan pemanjangan organ vegetatif sensitif terhadap kondisi tumbuh serta regulasi perkembangan tanaman (Nagai & Ashikari, 2023). Dalam penelitian ini, keunggulan panjang daun pada *floating rice* baru terbentuk secara nyata pada fase pengamatan lanjut, sehingga respons tersebut lebih tepat ditafsirkan sebagai perubahan pola pertumbuhan temporal daripada sebagai perbedaan awal antarperlakuan.

Peningkatan panjang daun pada sistem terapung juga perlu ditafsirkan dalam konteks adaptasi tanaman terhadap lingkungan air. Perubahan kondisi air dapat memicu penyesuaian pertumbuhan melalui regulasi hormonal dan hubungan akar–tajuk (Mittal et al., 2022; Ashikari & Bailey-Serres, 2025). Meskipun literatur tersebut banyak membahas respons padi terhadap submergence atau flooding, prinsip bahwa kondisi hidrologis

memengaruhi pola pertumbuhan organ vegetatif tetap relevan untuk menjelaskan mengapa sistem *floating rice* menghasilkan trajektori panjang daun yang berbeda dari sawah konvensional.

Temuan ini sejalan dengan Zhu et al. (2023a), yang menunjukkan bahwa perubahan kondisi air dapat mengubah pertumbuhan tajuk, indeks luas daun, dan akumulasi biomassa. Pada penelitian ini, selisih panjang daun pada 8 minggu HST mencapai 9,33 cm atau sekitar 22,2% lebih tinggi pada floating rice dibandingkan sawah konvensional. Besarnya selisih pada fase akhir pengamatan memperkuat hasil interaksi sistem budidaya × waktu dan menunjukkan bahwa efek sistem terapung berkembang secara bertahap.

3.2. Dinamika Lebar Daun

Lebar daun meningkat pada kedua sistem sejak 0 HST hingga 4 mingguHST, tetapi trajektorinya berbeda pada pengamatan berikutnya (Tabel 2). Pada 0 HST, lebar daun relatif sama, yaitu 0,38±0,01 cm pada sawah konvensional dan 0,40±0,02 cm pada *floating rice*. Pada 2 minggu HST, perbedaannya tetap kecil. Pada 4 mingguHST, rerata *floating rice* justru lebih rendah (1,13±0,00 cm) dibandingkan sawah konvensional (1,23±0,05 cm), tetapi perbedaan tersebut tidak nyata setelah koreksi Bonferroni. Pada 8 minggu HST, pola berbalik kuat: *floating rice* mencapai 1,70±0,03 cm, sedangkan sawah konvensional 1,21±0,04 cm.

Table 2. Dinamika Lebar Daun (cm) Inpari 45 pada Sistem Floating rice dan Sawah Konvensional

Sistem budidaya	0 HST	2 Minggu HST	4 minggu HST	8 minggu HST
Floating rice	0,40±0,02	0,93±0,03	1,13±0,00	1,70±0,03
Sawah konvensional	0,38±0,01	0,89±0,04	1,23±0,05	1,21±0,04

Keterangan: Nilai merupakan rerata±SD dari tiga replikasi biologis. Perbandingan antar sistem pada setiap waktu menggunakan EMMeans dengan koreksi Bonferroni. Perbedaan nyata hanya pada 8 minggu HST (selisih floating rice−konvensional=0,492 cm; p terkoreksi=0,0027).

Pada sistem sawah konvensional, lebar daun meningkat dari 0,38±0,01 cm pada awal pengamatan menjadi 1,23±0,05 cm pada 4 minggu HST, tetapi sedikit menurun menjadi 1,21±0,04 cm pada 8 minggu HST; selisih 0,02 cm ini lebih tepat dipahami sebagai tidak berlanjutnya ekspansi daun, bukan sebagai penyusutan daun secara langsung. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan keterbatasan air selama kemarau berkepanjangan, mengingat lahan sawah penelitian belum memiliki sistem irigasi dan ketersediaan air sangat bergantung pada curah hujan. Konteks iklim ini sejalan dengan laporan ANTARA (2026) yang mengutip informasi BMKG Wamena bahwa musim kemarau di Papua Pegunungan berlangsung hingga Oktober 2026, serta laporan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2026) mengenai El Niño sangat kuat dan IOD positif pada Oktober 2026. Informasi ini memberikan konteks iklim regional, tetapi tidak membuktikan bahwa kekeringan secara langsung menyebabkan perubahan lebar daun pada percobaan ini. Secara fisiologis, defisit air dapat menurunkan tekanan turgor dan membatasi pembesaran serta ekspansi sel daun, sehingga perkembangan lebar daun dapat terhambat. Namun, hubungan ini tetap diposisikan sebagai interpretasi biologis yang didukung kondisi lapangan dan data klimatologis, bukan sebagai hubungan kausal langsung karena penelitian tidak mengukur kelembapan tanah, potensial air daun, maupun intensitas cekaman kekeringan.

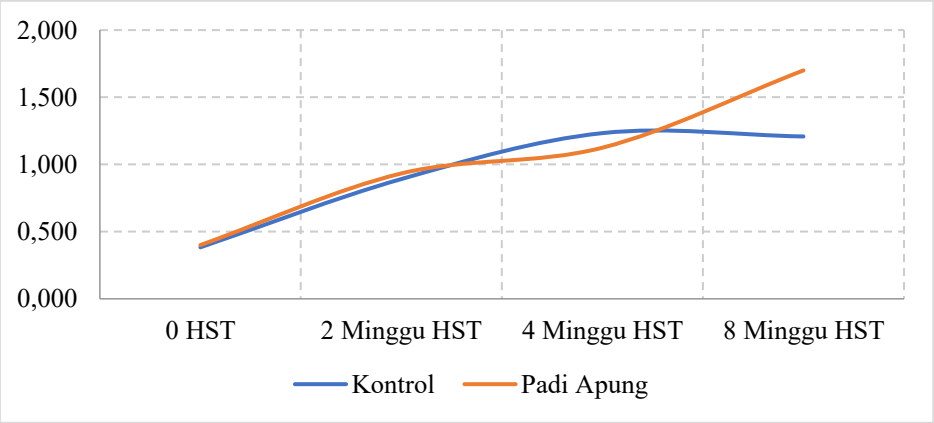
LMM menunjukkan pengaruh nyata sistem budidaya terhadap lebar daun ($F(1,4) = 8,56$; $p = 0,0430$). Pengaruh waktu sangat nyata ($F(3,12) = 345,50$; $p<0,001$), dan interaksi sistem budidaya x waktu juga sangat nyata ($F(3,12) = 48,82$; $p<0,001$). Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan lebar daun terutama ditentukan oleh perubahan pola respons antarwaktu, bukan oleh selisih yang konsisten sejak awal pengamatan.

Lebar daun merupakan komponen penting pembentukan tajuk karena berkaitan dengan perluasan permukaan fotosintetik. Tanaka et al. (2023) menempatkan karakter tajuk sebagai bagian integral arsitektur tanaman padi yang ekspresinya dipengaruhi genotipe dan lingkungan. Pada penelitian ini, lebar daun pada *floating rice* 8 minggu HST sekitar 40,7% lebih tinggi dibandingkan sawah konvensional, mengindikasikan bahwa lingkungan sistem terapung pada fase tersebut lebih mendukung ekspansi lateral daun.

Respons yang baru muncul kuat pada akhir periode pengamatan konsisten dengan konsep bahwa tanaman padi mengalami penyesuaian bertahap terhadap kondisi air dan lingkungan perakaran. Duan et al. (2025) menunjukkan bahwa respons padi pada fase pertumbuhan vegetatif sangat dipengaruhi sistem budidaya dan kondisi genangan, sedangkan Zhu et al. (2023a) menunjukkan bahwa genotipe padi mengalami perubahan pertumbuhan tajuk dan karakter agronomi di bawah genangan menetap. Pola ini mendukung interpretasi bahwa ekspansi daun pada floating rice merupakan respons dinamis yang berkembang setelah tanaman beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya.

Perbedaan lebar daun juga dapat berkaitan dengan perubahan fungsi akar dan ketersediaan sumber daya. Lin et al. (2024) menjelaskan bahwa adaptasi padi terhadap lingkungan air melibatkan koordinasi karakter akar dan tajuk. Karena sistem *floating rice* memiliki konfigurasi zona perakaran yang berbeda dari sawah

konvensional, perubahan lebar daun kemungkinan merupakan salah satu ekspresi respons terintegrasi tersebut, walaupun penelitian ini tidak mengukur mekanisme fisiologis akar secara langsung.



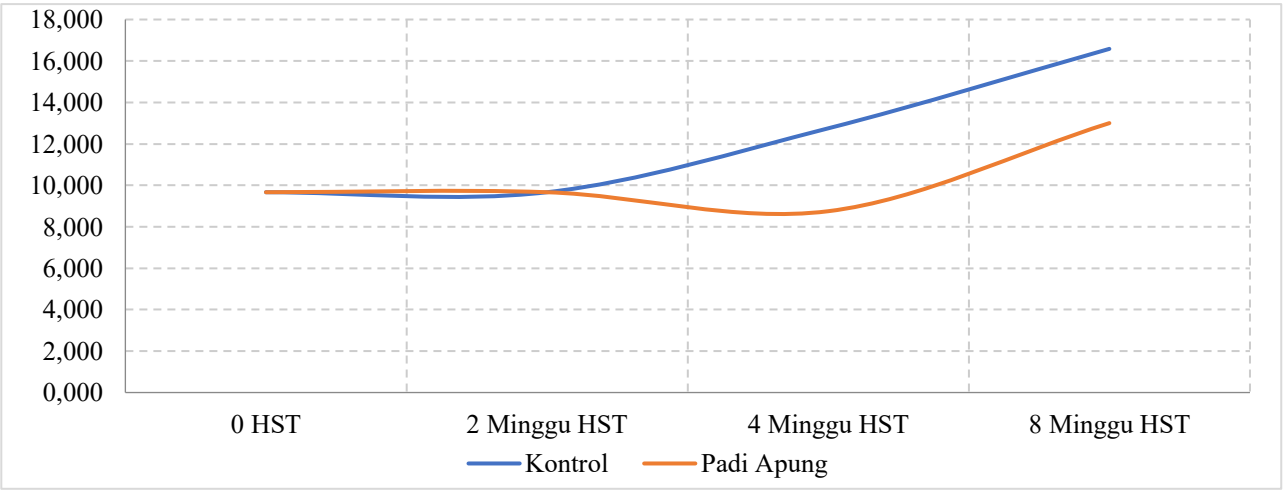
Gambar 2. Trajektori Lebar Daun Pada Sawah Konvensional dan Padi Apung

3.3. Dinamika Jumlah Tanaman per Rumpun

Jumlah tanaman per rumpun menunjukkan pola yang berbeda dari karakter daun (Tabel 3). Pada 0 HST dan 2 minggu HST, kedua sistem memiliki rerata yang sama, yaitu 9,67 tanaman per rumpun. Setelah itu, sawah konvensional menunjukkan peningkatan yang lebih besar. Pada 4 mingguHST, sawah konvensional mencapai 12,75±0,25 tanaman per rumpun, sedangkan *floating rice* 8,75±0,43 tanaman per rumpun. Pada 8 minggu HST, nilainya meningkat menjadi 16,58±0,38 pada sawah konvensional dan 13,00±0,25 pada *floating rice*.

Table 3. Dinamika Jumlah Tanaman per Rumpun Inpari 45 pada Sistem Floating Rice dan Sawah Konvensional

Sistem budidaya	0 HST	2 Minggu HST	4 mingguHST	8 minggu HST
Floating rice	9,67±0,38	9,67±0,38	8,75±0,43	13,00±0,25
Sawah konvensional	9,67±0,58	9,67±0,58	12,75±0,25	16,58±0,38



Gambar 3. Trajektori Jumlah Tanaman per Rumpun

Hasil LMM menunjukkan bahwa sistem budidaya berpengaruh nyata terhadap jumlah tanaman per rumpun ($F(1,4) = 8,26$; $p = 0,0453$), demikian pula waktu ($F(3,12) = 238,57$; $p<0,001$) dan interaksi sistem budidaya x waktu ($F(3,12) = 51,66$; $p<0,001$). Perbandingan EMMeans menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan pada 0 HST dan 2 minggu HST. Namun, pada 4 minggu HST jumlah tanaman per rumpun pada *floating rice* lebih rendah 4,00 tanaman dibandingkan sawah konvensional (p terkoreksi = 0,0189), dan pada 8 minggu HST lebih rendah 3,58 tanaman (p terkoreksi = 0,0281).

Pola tersebut menunjukkan adanya respons yang berlawanan antara ekspansi daun dan peningkatan jumlah tanaman per rumpun. Pada fase akhir pengamatan, floating rice menghasilkan daun yang lebih panjang dan lebih lebar, tetapi jumlah tanaman per rumpunnya lebih rendah daripada sawah konvensional. Perubahan kondisi air diketahui dapat mengubah alokasi pertumbuhan antara pemanjangan atau ekspansi organ dan pembentukan tajuk lateral (Zhu et al., 2023a, 2023b). Bu et al. (2025) juga menjelaskan bahwa respons padi terhadap lingkungan kelebihan air mencakup perubahan pertumbuhan, fotosintesis, metabolisme hara, dan

koordinasi antara organ akar dan tajuk. Meskipun penelitian ini tidak mengukur proses fisiologis tersebut secara langsung, hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan strategi pertumbuhan vegetatif Inpari 45 antara kedua sistem budidaya.

3.4. Respons vegetative Inpari 45 Terhadap Perbedaan Sistem Budidaya

Evaluasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa respons Inpari 45 terhadap sistem budidaya bersifat temporal. Ketiga variabel menunjukkan interaksi sistem budidaya x waktu yang sangat nyata. Pada panjang daun, perbedaan antar sistem baru nyata pada 8 minggu HST. Pola yang sama terjadi pada lebar daun, sedangkan jumlah tanaman per rumpun mulai berbeda sejak 4 minggu HST. Dengan demikian, efek *floating rice* tidak dapat disimpulkan hanya berdasarkan satu titik pengamatan, karena arah dan besarnya perbedaan berubah sepanjang perkembangan tanaman.

Perbedaan tersebut secara biologis dapat dikaitkan dengan karakteristik zona perakaran kedua sistem. Pada sawah konvensional, akar berkembang langsung pada tanah tergenang dengan karakter fisik, kimia, dan biologis tertentu. Sebaliknya, sistem *floating rice* menempatkan tanaman pada media terbatas yang berada pada struktur terapung sehingga hubungan akar dengan air, udara, media, dan hara berbeda. Bian et al. (2023) menunjukkan bahwa sistem pengelolaan air dapat mengubah karakter morfologis dan fisiologis akar padi. Peralta Ogorek et al. (2024) juga menunjukkan bahwa akar padi mampu mengalami aklimatisasi terhadap perubahan kondisi air yang kemudian memengaruhi respons tanaman secara keseluruhan.

Perubahan zona perakaran dapat memicu penyesuaian hubungan akar tajuk. Lin et al. (2024) menekankan bahwa kemampuan padi beradaptasi terhadap flooding merupakan hasil koordinasi karakter akar dan tajuk. Pada penelitian ini, pola berupa peningkatan panjang dan lebar daun pada *floating rice*, bersamaan dengan jumlah tanaman per rumpun yang lebih rendah, menunjukkan bahwa sistem terapung memodifikasi pola alokasi pertumbuhan vegetatif. Interpretasi ini tetap bersifat agronomis karena karakter fisiologis akar, fotosintesis, dan status hara tidak diukur secara langsung.

Hasil penelitian *floating rice* di Indonesia sebelumnya menunjukkan bahwa sistem terapung memungkinkan tanaman padi mempertahankan pertumbuhan dan menyelesaikan siklus budidaya pada lingkungan berbasis air (Mujiyo et al., 2022; Widodo et al., 2025; Nasrudin et al., 2025). Hasil penelitian ini memperluas informasi tersebut pada Inpari 45 di Wamena dengan menunjukkan bahwa respons sistem terapung tidak seragam untuk seluruh indikator vegetatif. Keunggulan pada dimensi daun tidak diikuti oleh jumlah tanaman per rumpun yang lebih tinggi, sehingga evaluasi keberhasilan sistem *floating rice* perlu mempertimbangkan beberapa karakter pertumbuhan secara simultan.

3.5. Implikasi Agroekologi Dataran Tinggi Wamena

Karakteristik lingkungan Wamena perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan respons pertumbuhan Inpari 45. Lingkungan dataran tinggi memiliki temperatur yang relatif lebih rendah dibandingkan daerah produksi padi dataran rendah sehingga berpotensi mengubah kecepatan perkembangan tanaman dan durasi fase vegetatif. Razafindrazaka et al. (2020) menunjukkan adanya variasi respons genotipe padi pada sistem produksi dataran tinggi, yang menegaskan pentingnya interaksi antara genotipe dan lingkungan. Abera et al. (2022) juga menunjukkan bahwa pengaturan sistem transplanting pada produksi padi dataran tinggi dapat menjadi strategi untuk menghadapi cekaman abiotik, terutama kondisi termal yang membatasi pertumbuhan.

Data yang dianalisis dalam penelitian ini tidak memuat pengukuran mikroklimat rinci, sehingga pengaruh suhu, kelembapan, atau suhu media terhadap perbedaan kedua sistem tidak dapat diuji secara langsung. Karena itu, pengaruh lingkungan dataran tinggi Wamena pada hasil ini perlu diposisikan sebagai konteks agroekologi, bukan sebagai faktor penyebab yang telah dibuktikan secara statistik. Secara agronomis, hasil penelitian menunjukkan adanya kompromi respons pada sistem *floating rice*. Pada 8 minggu HST, sistem terapung meningkatkan panjang dan lebar daun, tetapi menghasilkan jumlah tanaman per rumpun yang lebih rendah dibandingkan sawah konvensional. Dengan demikian, potensi *floating rice* untuk Inpari 45 tidak sebaiknya dinilai hanya dari satu indikator. Dimensi daun yang lebih besar dapat mencerminkan kemampuan ekspansi tajuk, sedangkan jumlah tanaman per rumpun yang lebih rendah menunjukkan bahwa pembentukan atau penambahan individu dalam rumpun berlangsung lebih terbatas pada sistem terapung.

Di luar aspek pertumbuhan vegetatif, sistem *floating rice* juga memiliki nilai strategis sebagai teknologi adaptasi dan mitigasi risiko banjir pada wilayah pertanian yang rentan tergenang. Pada sistem ini, tanaman ditempatkan pada rakit atau media yang dapat mengikuti perubahan muka air, sehingga keberadaan genangan tidak serta-merta menghentikan proses budidaya sebagaimana dapat terjadi pada sawah konvensional. Mujiyo et al. (2022) menunjukkan bahwa budidaya padi apung berpotensi mengurangi risiko kegagalan panen pada lahan rawan banjir karena tanaman tetap dapat dipelihara selama periode genangan. Nasrudin et al. (2025) juga menempatkan *floating rice field* sebagai strategi untuk meningkatkan ketahanan tanaman sekaligus mempertahankan produksi padi pada ekosistem rawan banjir. Dengan demikian, keunggulan *floating rice* tidak

hanya terletak pada respons morfologis tanaman, tetapi juga pada kemampuannya mempertahankan fungsi produksi lahan ketika kondisi hidrologis tidak mendukung budidaya sawah konvensional.

Implikasi tersebut relevan untuk Wamena dan wilayah sekitarnya, khususnya pada lokasi pertanian yang mengalami genangan atau banjir musiman. Dalam konteks mitigasi pertanian, penerapan *floating rice* dapat dipandang sebagai upaya mengurangi kerentanan sistem produksi terhadap kehilangan musim tanam, kerusakan bibit, dan terhentinya aktivitas budidaya akibat peningkatan muka air. Teknologi ini tidak menghilangkan kejadian banjir secara hidrologis, tetapi berfungsi sebagai bentuk mitigasi dampak banjir pada usaha tani dengan mempertahankan tanaman berada pada media budidaya yang mengikuti muka air. Oleh karena itu, *floating rice* berpotensi mendukung kontinuitas produksi pangan dan meningkatkan resiliensi agroekosistem padi di kawasan rawan banjir, terutama apabila desain rakit, media tanam, pemupukan, dan stabilitas struktur terapung disesuaikan dengan karakter genangan setempat.

Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi pola temporal tiga karakter vegetatif Inpari 45 pada dua lingkungan budidaya yang berbeda dalam agroekosistem dataran tinggi tropis. Penggunaan *repeated-measures* LMM memungkinkan perubahan antarwaktu dan interaksinya dengan sistem budidaya dievaluasi secara simultan. Hasilnya menunjukkan bahwa *floating rice* bukan sekadar menghasilkan pertumbuhan yang lebih tinggi atau lebih rendah secara umum, tetapi mengubah trajektori pertumbuhan spesifik: ekspansi daun menjadi lebih kuat pada fase lanjut, sedangkan jumlah tanaman per rumpun berkembang lebih lambat daripada pada sawah konvensional.

4. KESIMPULAN

Sistem *floating rice* dan sawah konvensional menghasilkan dinamika pertumbuhan vegetatif Inpari 45 yang berbeda di Wamena. Sistem budidaya, waktu, dan interaksi sistem budidaya x waktu berpengaruh nyata terhadap panjang daun, lebar daun, dan jumlah tanaman per rumpun. Pada 8 minggu HST, *floating rice* menghasilkan panjang daun 51,42±1,13 cm dan lebar daun 1,70±0,03 cm, masing-masing lebih tinggi daripada sawah konvensional yang mencapai 42,08±0,52 cm dan 1,21±0,04 cm. Sebaliknya, jumlah tanaman per rumpun pada *floating rice* lebih rendah pada 4 minggu HST dan 8 minggu HST dibandingkan sawah konvensional. Dengan demikian, *floating rice* mendorong ekspansi daun pada fase pertumbuhan lanjut, tetapi belum mampu menyamai peningkatan jumlah tanaman per rumpun pada sawah konvensional. Evaluasi sistem *floating rice* untuk Inpari 45 di dataran tinggi Wamena perlu mempertimbangkan kedua respons tersebut secara simultan. Selain mendukung evaluasi agronomis Inpari 45, penerapan sistem *floating rice* juga berpotensi menjadi strategi adaptasi dan mitigasi dampak banjir pada wilayah Wamena dan sekitarnya yang rawan genangan. Kemampuan sistem terapung untuk mengikuti perubahan muka air dapat membantu mempertahankan keberlangsungan budidaya, mengurangi risiko kehilangan musim tanam, serta meningkatkan resiliensi produksi padi ketika lahan sawah konvensional terdampak banjir.

DAFTAR PUSTAKA

Abera, B. B., et al. (2022). Transplanting as an option to cope with abiotic stress in high-altitude lowland rice production systems in East Africa. Journal of Agronomy and Crop Science, 208(6), 876–886. https://doi.org/10.1111/jac.12540

Adrianus, A., & Andari, G. (2020). Pemanfaatan rizobakteri penghasil acetoin sebagai biofertilizer untuk memacu pertumbuhan dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.). AGRICOLA, 10(1), 11–18. https://doi.org/10.35724/ag.v10i1.2750

ANTARA. (2026, 2 September). BMKG sebut musim kemarau di Papua Pegunungan berlangsung hingga Oktober 2026. ANTARA News Papua. https://papua.antaranews.com/amp/berita/767615/bmkg-sebut-musim-kemarau-di-papua-pegunungan-berlangsung-hingga-oktober-2026

Ashikari, M., & Bailey-Serres, J. (2025). Surviving floods: Escape and quiescence strategies of rice coping with submergence. Plant Physiology, 197(2), kiaf029. https://doi.org/10.1093/plphys/kiaf029

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2026, 15 Oktober). Prakiraan cuaca Indonesia sepekan periode 16–22 Oktober 2026: Panas dan kering di sebagian wilayah Indonesia, hujan lokal masih berpeluang terjadi. https://www.bmkg.go.id/cuaca/potensi-hujan-sepekan/prakiraan-cuaca-indonesia-sepekan-periode-16-22-oktober-2026-panas-dan-kering-di-sebagian-wilayah-indonesia-hujan-lokal-masih-berpeluang-terjadi

Barus, R. A. K., Hasibuan, D. K. A., Pramudya, F. N., Musdalifah, N., Wahyudi, E., & Habibah, P. (2026). Effect of kiambang (*Salvinia molesta*) bioherbicide on mortality percentage and height growth rate of upland rice (*Oryza sativa* L.). AGRICOLA, 16(2), 78–84. https://doi.org/10.35724/ag.v16i2.7454

Bian, J., Toyota, M., & Morokuma, M. (2023). Effect of flood and drip irrigation and difference of previous crop residue input on morphological and physiological traits in rice root. Plant Production Science, 26(3), 249–258. https://doi.org/10.1080/1343943X.2023.2231502

Bu, W., Ahmad, I., Fei, H., Ibrahim, M. E. H., Xu, Y., Meng, T., Zuo, Q., Lei, T., Zhou, G., & Zhu, G. (2025). Current status of studying on physiological mechanisms of rice response to flooding stress and flooding-resistant cultivation regulation. Plants, 14(18), 2863. https://doi.org/10.3390/plants14182863

Duan, S., Zhang, Q., Ai, H., Feng, T., Zhou, A., Liu, Y., Wang, Y., & Fang, F. (2025). Differential adaptations of japonica rice to submergence stress during the tillering stage under various seedling cultivation and transplanting methods. Frontiers in Plant Science, 16, 1607055. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1607055

Fachrizal, R., & Monika, N. S. (2021). Analysis of some superior varieties of rice farming. AGRICOLA, 11(1), 35–48. https://doi.org/10.35724/ag.v11i1.3269

Kato, Y., Collard, B. C. Y., Septiningsih, E. M., & Ismail, A. M. (2019). Increasing flooding tolerance in rice: Combining tolerance of submergence and of stagnant flooding. Annals of Botany, 124(7), 1199–1209. https://doi.org/10.1093/aob/mcz118

Kumar, A., Nayak, A. K., Hanjagi, P. S., Kumari, K., Vijayakumar, S., Mohanty, S., Tripathi, R., & Panneerselvam, P. (2021). Submergence stress in rice: Adaptive mechanisms, coping strategies and future research needs. Environmental and Experimental Botany, 186, 104448. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104448

Lin, C., Zhang, Z., Shen, X., Liu, D., & Pedersen, O. (2024). Flooding-adaptive root and shoot traits in rice. Functional Plant Biology, 51, FP23226. https://doi.org/10.1071/FP23226

Mittal, L., Tayyeba, S., & Sinha, A. K. (2022). Finding a breather for Oryza sativa: Understanding hormone signalling pathways involved in rice plants to submergence stress. Plant, Cell & Environment, 45, 279–295. https://doi.org/10.1111/pce.14250

Mujiyo, M., Irianto, H., Riptanti, E. W., & Qonita, A. (2022). Floating rice cultivation: A solution to reduce crop failure in flood-prone areas. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 12(3), 953–959. https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.3.14665

Nagai, K., & Ashikari, M. (2023). Molecular mechanism of internode elongation in rice. Breeding Science, 73(2), 108–116. https://doi.org/10.1270/jsbbs.22086

Nasrudin, N., Dwiyani, M., Mardiansyah, D., & Taufik, R. (2025). Assimilate partitioning and agronomic performance of floating rice in flood-prone ecosystems of Indonesia. Current Applied Science and Technology, 26(2), e0266291. https://doi.org/10.55003/cast.2025.266291

Nooyo, I., & Nasrul, M. (2022). Analysis of rice farming (*Oryza sativa* L.) direct seed cropping system (TABELA). AGRICOLA, 12(1), 15–21. https://doi.org/10.35724/ag.v12i1.4435

Peralta Ogorek, L. L., Song, Z., Pellegrini, E., Liu, F., Tomasella, M., Nardini, A., & Pedersen, O. (2024). Root acclimations to soil flooding prime rice (*Oryza sativa* L.) for subsequent conditions of water deficit. Plant and Soil, 494, 529–546. https://doi.org/10.1007/s11104-023-06299-7

Razafindrazaka, A., Stuerz, S., Cotter, M., Rajaona, A., & Asch, F. (2020). Genotypic yield responses of lowland rice in high-altitude cropping systems. Journal of Agronomy and Crop Science, 206, 444–455. https://doi.org/10.1111/jac.12416

Suleman, D., Alam, S., Rustam, L. O., & Setiawan, A. (2026). Evaluation of soil quality of irrigated and rainfed rice fields in Maginti District, West Muna Regency. AGRICOLA, 16(1), 1–8. https://doi.org/10.35724/ag.v16i1.7106

Tanaka, W., Yamauchi, T., & Tsuda, K. (2023). Genetic basis controlling rice plant architecture and its modification for breeding. Breeding Science, 73(1), 3–45. https://doi.org/10.1270/jsbbs.22088

Widodo, A. S., Supangkat, G., Mulyono, M., & Ulum, B. (2025). Development of floating rice cultivation technology in community-based peat swamp land. Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 14(1), 10–20. https://doi.org/10.23960/jtep-l.v14i1.10-20

Zhu, G., Wu, H., Chen, Y., Mondal, S., et al. (2023a). Growth characteristics and yield of contrasting rice genotypes under long-term stagnant flooding. Field Crops Research, 301, 109020. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109020

Zhu, R., Hu, T., Wu, F., Liu, Y., Zhou, S., & Wang, Y. (2023b). Photosynthetic and hydraulic changes caused by water deficit and flooding stress increase rice's intrinsic water-use efficiency. Agricultural Water Management, 289, 108527. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108527