

Laporan Penelitian
KERAGAAN MORFO-FISIOLOGI DAN HASIL GENOTIPE
PADI PADA METODE BUDIDAYA TANAM BENIH
LANGSUNG LAHAN BASAH

AHMAD RIFQI FAUZI
Dosen Program Studi Agroekoteknologi



PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS SAINS, TEKNIK, DAN DESAIN
UNIVERSITAS TRILOGI
2024

Judul Penelitian : KERAGAAN MORFO-FISIOLOGI DAN HASIL GENOTIPE
PADI PADA METODE BUDIDAYA TANAM BENIH
LANGSUNG LAHAN BASAH

Nama : Ahmad Rifqi Fauzi

NIDN :0327078705

Luaran : Publikasi ilmiah di Jurnal Sinta 2

Dibuat oleh

Dr. Ir. Ahmad Rifqi Fauzi, MSi

Mengetahui

Menyetujui

Dr. Arman

KaProdi Agribisnis-Agroekoteknologi

Dr. Ir. Ahmad Rifqi Fauzi, MSi

Kepala LPPM

I PENDAHULUAN

Permintaan beras diperkirakan akan meningkat pada tahun 2050 dan membutuhkan peningkatan produksi sekitar 2.4% per tahun untuk dapat memenuhi kebutuhan global (Ray et al., 2013). Peningkatan ini dipicu oleh peningkatan jumlah penduduk dunia dan diprediksi akan mencapai 9.8 milyar penduduk pada tahun tersebut (United Nation, 2019). Akan tetapi peningkatan produksi padi menghadapi tantangan besar seperti keterbatasan lahan, iklim yang tidak menentu, berkurangnya ketersediaan air, serta menurunnya atau langkanya jumlah tenaga kerja di sektor pertanian khususnya sub sektor tanaman pangan. Disisi lain, lebih dari 50% produksi padi dunia (Alexandratos dan Bruinsma, 2012) dan Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2021) berasal dari lahan beririgasi dan menggunakan metode konvensional yang dilaporkan membutuhkan air dan tenaga kerja yang banyak. Oleh karena itu, perlu langkah mitigasi dan adaptasi untuk menghadapi tantangan tersebut. Salah satu strategi mitigasi yang dapat dilakukan adalah mengembangkan teknologi budidaya padi yang efisien dan hemat dalam penggunaan input produksi seperti air dan tenaga kerja.

Produksi padi saat ini sebagian besar diperoleh dari praktik budidaya konvensional dengan metode pindah tanam. Praktik budidaya ini membutuhkan input sumberdaya yang tinggi sehingga ongkos produksi tinggi dan rentan terhadap perubahan lingkungan serta beberapa pakar menyebutkan bahwa sistem budidaya ini tidak menguntungkan lagi bagi petani dengan skala luasan sempit (Pathak et al., 2011; Kumar et al., 2015); Rao et al., 2017). Budidaya dengan metode tanam benih langsung (direct seeding of rice/DSR) dapat menjadi alternatif teknologi budidaya padi karena diidentifikasi hemat dalam penggunaan input seperti air dan tenaga kerja serta memiliki produktivitas yang sama bahkan lebih tinggi dari metode budidaya pindah tanam. Berdasarkan lingkungan tumbuhnya, DSR terbagi menjadi tiga yaitu DSR lahan basah (wet-DSR), DSR lahan kering (dry-DSR), dan DSR pada lahan tergenang (water-DSR) (Rao et al., 2017). Beberapa negara asia yang telah menerapkan DSR secara luas yaitu India, Sri Lanka, Malaysia, Filipina, Vietnam, dan Thailand (Sandhu et al., 2021).

Pengembangan metode budidaya DSR masih menghadapi beberapa tantangan diantaranya manajemen teknologi budidaya yang tepat, ketersediaan varietas/kultivar yang sesuai, serta infestasi gulma yang tinggi. Metode tanam benih langsung baik melalui sebar alur maupun sebar permukaan dapat dijadikan pertimbangan dalam model pengelolaan budidaya tanam benih langsung. Kriswantoro et al. (2018) melaporkan bahwa metode sebar alur memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan metode sebar permukaan pada tiga varietas uji (Inpari 22, Inpara 4, dan Ciherang) di lahan pasang surut. Meskipun demikian, percobaan terhadap galur potensial hasil program pemuliaan padi dengan metode sebar alur maupun sebar permukaan belum banyak dieksplorasi.

Pengembangan varietas untuk DSR saat ini diarahkan pada kajian terhadap karakter kekuatan awal (early vigor) tanaman (Dang et al., 2014; Mahender, Anandan and Pradhan, 2015). Penelitian kami sebelumnya menemukan bahwa karakter vigor awal berhubungan dengan ukuran benih (Fauzi et al., 2021). Pada percobaan rumah plastik, kami juga menemukan fakta bahwa benih-benih yang memiliki ukuran lebih besar memiliki karakter vigor awal seperti luas daun, laju fotosintesis, bobot kering tanaman lebih tinggi dan memiliki pertumbuhan lebih baik pada metode tanam benih langsung (Fauzi et al., 2022). Temuan tersebut menjadi informasi penting untuk dapat dievaluasi lebih lanjut terkait potensi hasil dari galur potensial ketika di uji coba di lapangan pada metode penanaman yang berbeda. Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dan mengevaluasi karakter morfologi dan fisiologi, serta hasil dari galur-galur harapan untuk pengembangan varietas DSR.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Budidaya Tanaman Padi

Padi merupakan salah satu bahan makanan pokok terbesar di dunia dengan jumlah produksi pada akhir tahun 2017 diperkirakan sebesar 759.6 juta ton dengan luas area panen 163 juta ha (FAO 2018). Berdasarkan laporan tersebut, Asia menjadi produsen terbesar dengan total produksi 686.7 juta ton (90.4%) dimana Indonesia menjadi negara terbesar ketiga sebagai produsen padi yaitu sebesar 9.9% dari total produksi dunia setelah China (27.5%) dan India (21.5%). Perhitungan tersebut menyumbang sekitar 35% - 75% kalori bagi lebih dari 3 milyar penduduk asia dan secara global menyumbang 27% energi, 20% protein serta 3% lemak dari makanan yang dikonsumsi (Pathak *et al.* 2018). Hal ini menunjukkan bahwa besarnya peranan produksi padi dalam memenuhi kebutuhan makanan penduduk dunia.

Usaha peningkatan produksi padi telah banyak dilakukan oleh berbagai pihak yang terkait dengan usahatani tanaman padi. Perkembangan teknologi pada masa Revolusi hijau (sejak akhir dekade 1960-an) seperti penggunaan varietas berdaya hasil tinggi, penggunaan bahan kimia (termasuk pemupukan), serta pengairan telah mendorong peningkatan hasil, produksi, dan luas area padi yang cepat sehingga menghasilkan harga beras yang lebih murah (Kumar dan Ladha, 2011). Kumar dan Ladha (2011) juga menyatakan bahwa meskipun pada masa tersebut produksi beras mampu memenuhi kebutuhan sejumlah populasi di asia, namun pertumbuhan produktivitas padi menurun sejak pertengahan decade 1980-an dan berada di bawah laju pertumbuhan populasi pada masa sekarang. Tantangan yang dihadapi usahatani padi di masa depan lebih kompleks yaitu perubahan iklim, ketersediaan air, degradasi kualitas tanah, serta menurunnya jumlah tenaga kerja di sektor produksi padi (Pathak *et al.* 2018). Oleh karenanya, Pathak *et al.* (2018) memperkirakan bahwa di masa depan, padi akan diproduksi pada lahan terbatas, efisien dalam input air dan tenaga kerja, sistem produksi ramah lingkungan yang adaptif terhadap perubahan iklim, serta berkontribusi terhadap penurunan emisi gas rumah kaca.

Perbaikan tanaman dan pengelolaan sistem budidaya memiliki peran penting dalam peningkatan produksi tanaman pangan dalam menghadapi tantangan

di atas (Singh *et al.* 2013). Berbagai sistem penanaman padi telah diadaptasi di seluruh dunia dan telah meningkatkan produktivitas tanaman padi melalui peralihan sistem tanam benih langsung ke sistem pindah tanam bibit ke lahan yang tergenang air (Mahender *et al.* 2015). Akan tetapi sistem ini membutuhkan jumlah air yang cukup besar dan curah hujan cukup, serta tenaga kerja dan energi yang banyak, sedangkan faktor tersebut menjadi pembatas beberapa decade terakhir sehingga sistem ini menjadikan harga beras lebih mahal dan tidak menguntungkan (Mahajan *et al.* 2004). Tantangan peningkatan produktivitas dengan mempertahankan keamanan ekonomi menjadi prioritas dalam pengembangan sistem pertanaman padi di seluruh dunia.

Pemerintah sebagai regulator pembangunan nasional telah merancang strategi peningkatan produksi padi nasional melalui intensifikasi yaitu perbaikan teknologi produksi untuk meningkatkan produktivitas lahan maupun ekstensifikasi pertanian yaitu perluasan lahan produksi (Pane 2003). Namun, usaha ini tidak didukung dengan pertumbuhan jumlah tenaga kerja di sektor pertanian khususnya usahatani padi (sawah maupun ladang). Data BPS (2018, 2019) menunjukkan terjadi penurunan jumlah rumah tangga petani padi sebanyak 1 juta rumah tangga dalam kurun waktu 2013-2018. Hal ini mengindikasikan bahwa akan terjadi kelangkaan tenaga kerja sub sektor padi di masa depan. Oleh karena itu, perlu dicarikan solusi alternatif dalam sistem budidaya padi, salah satunya adalah melalui perbaikan teknologi budidaya tanaman padi dengan sistem *direct seeding* atau tanam benih langsung (tabel).

Sistem tabela sudah direkomendasikan oleh IRRI pada awal 2000-an sebagai antisipasi kelangkaan tenaga kerja di masa mendatang (Pane 2003). Sistem ini di Indonesia bukanlah hal baru. Sistem ini telah banyak digunakan oleh para petani padi ladang (gogo dan gogo rancak). Luas area padi ladang tahun 2017 mencapai 1.15 juta Ha atau sekitar 7.36% dari total luas area tanam padi (BPS 2018). Beberapa laporan menyebutkan bahwa dengan penggunaan sistem tabela kebutuhan tenaga kerja lebih efisien sehingga biaya tenaga kerja menjadi lebih rendah dibanding sistem pindah tanam (Naylor 1996; Siregar *et al.* 2015). Oleh karenanya, sistem Tabela sebagai bentuk manajemen agronomi dan inovasi

teknologi, sangat potensial untuk dikembangkan untuk menghadapi isu kelangkaan tenaga kerja maupun perubahan iklim.

2.2 Direct Seeding of Rice (DSR) vs Transplanting of Rice (TPR)

DSR atau di Indonesia dikenal dengan tanam benih langsung (tabela) benih padi menunjukkan metode penanaman benih tanpa melalui persemaian. Menurut Farooq *et al.* (2011), DSR mengacu kepada proses pembentukan tanaman padi dari penaburan benih di lahan dibandingkan dengan sistem pindah tanam yang menecambahkan benih dari persemaian. Secara prinsip, terdapat tiga tipe sistem DSR yaitu *dry seeding* (menebar/menugal benih dalam kondisi tanah kering), *wet seeding* (menebarkan atau menugal benih pra-kecambah pada tanah sawah), dan *water seeding* (menebarkan benih pada kondisi air tergenang) (Tuong 2000; Pandey dan Velasco 2002; Kumar dan Ladha 2011; Farooq *et al.* 2011; Mahender *et al.* 2015), sedangkan pada sistem budidaya tradisional, benih dikecambahkan selama 14-21 hari di persemaian selanjutnya dipindahkan ke lahan atau dikenal dengan *transplanting of rice* (TPR).

TPR merupakan teknik yang telah digunakan secara luas oleh para petani khususnya kawasan Asia, dimana benih disemai dan ditumbuhkan pada kondisi tanah lumpur/sawah (*puddled soil*). Sistem ini dianggap populer karena memiliki kelebihan diantaranya dapat menekan pertumbuhan gulma (Surendra *et al.*, 2001), perkecambahan benih lebih mudah (Farooq *et al.*, 2011), mengurangi kehilangan air akibat perkolasi (Kumar dan Ladha, 2011) dan membentuk kondisi anaerob yang dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi seperti Fe, Zn, dan P (Kumar dan Ladha 2011; Mahender *et al.* 2015). Pelumpuran tanah yang terus berulang, telah terbukti menurunkan sifat fisik tanah seperti meningkatnya kepadatan tanah, merubah struktur agregat tanah, tingkat infiltrasi air rendah, dan menurunkan bahan organik tanah (Pedrotti *et al.* 2005; Keller *et al.* 2007; Lima *et al.* 2009). Selain itu, TPR membutuhkan input air yang besar serta tenaga kerja yang banyak dan berbiaya tinggi sehingga menurunkan margin pendapatan petani (Pandey dan Velasco 2002) dan menjadi sumber emisi gas CH₄ yang besar (Pathak *et al.* 2011). Dekade terakhir, para peneliti telah melakukan usaha untuk menemukan metode

alternatif yang lebih efisien dalam menggunakan air dan tenaga kerja, salah satunya melalui DSR (Pandey dan Velasco 2005).

Sistem DSR ditujukan untuk mengurangi penggunaan air serta input lainnya yang dibutuhkan (Liu *et al.* 2014) seperti tenaga kerja (Farooq *et al.* 2011; Siregar *et al.* 2015), pengairan yang terkontrol sehingga biaya produksi lebih rendah (Pathak *et al.* 2011), serta emisi *methane* (CH₄) lebih sedikit dibanding TPR (Balasubramanian dan Hill 2002; Pandey dan Velasco 1999). Secara global, 23% tanaman padi dibudidayakan pada sistem DSR (Rao *et al.* 2007) dan sebagian besar diaplikasikan pada lahan kering (*dry* DSR). Selain itu, sistem DSR pada lahan basah juga telah dipraktikkan di beberapa negara seperti Malaysia, Thailand, Filipina, serta di kawasan Asia Selatan seperti India dan Sri Lanka (Pandey dan Velasco 2002; Weerakoon *et al.* 2011). Mishra *et al.* (2017) melaporkan bahwa, adopsi sistem DSR di India dapat meningkatkan hasil sampai 6.79% dan menurunkan total biaya produksi sampai 7.51%. Contoh lainnya, di Sri Lanka, 95% petani beralih dari sistem TPR ke sistem DSR dengan beberapa alasan diantaranya tingginya biaya produksi pada sistem TPR, rendahnya ketersediaan tenaga kerja untuk sistem TPR, serta hasil yang sama antara TPR dan DSR (Weerakoon *et al.* 2011). Oleh karena itu, penerapan DSR dapat membantu petani mengatasi keterbatasan tenaga kerja serta meringankan petani dari segi biaya tanpa khawatir penurunan hasil. Akan tetapi, sistem DSR masih memiliki beberapa tantangan dalam pengembangannya diantaranya infestasi gulma, pengelolaan air, dan pengembangan varietas untuk DSR (Nguyen dan Ferrero 2006; Farooq *et al.* 2011).

Pertumbuhan gulma yang cepat terutama pada kondisi aerob menjadi permasalahan utama dalam sistem DSR, sedangkan pada sistem TPR, gulma dapat dikendalikan melalui penggenangan sehingga menjadi keuntungan tersendiri bagi TPR (Rao *et al.* 2007). Matloob *et al.* (2015) melaporkan bahwa kompetisi dengan gulma dapat menurunkan hasil DSR sekitar 30-80% tergantung kondisi spesifik yang terjadi. Penggunaan herbisida yang diintegrasikan dengan pendekatan kultur teknis lainnya (seperti penggunaan kultivar yang kompetitif dengan gulma, penggunaan benih dengan daya berkecambah tinggi, pemberian dan metode aplikasi pupuk dan air yang tepat, serta penyiangan mekanis) menjadi kunci utama dalam pengendalian gulma berkelanjutan (Matloob *et al.* 2015). Gulma yang

mendominasi pada sistem DSR adalah jenis padi liar (*Oryza spp.*) (Ferrero 2003). Herbisida yang mengandung *phenoxy* dan *sulfonylurea* banyak digunakan di Malaysia, Thailand, dan Vietnam untuk mengendalikan gulma berdaun lebar dan rumput liar pada sistem DSR (Farooq *et al.* 2011). Penelitian mengenai pengendalian gulma yang tepat dan berkelanjutan diperlukan untuk mendukung keberhasilan sistem DSR.

Pengelolaan air yang tepat menjadi faktor kunci menuju produktivitas yang tinggi pada sistem DSR (Kumar dan Ladha 2011). Pada awal perkecambahan, pengelolaan air menjadi penting karena dapat menekan pertumbuhan gulma sehingga mengurangi kompetisi dengan benih yang ditanam secara DSR sekaligus menjaga pertumbuhan padi dari *stress* kekurangan air. Sebagian besar petani masih percaya bahwa sistem TPR masih lebih baik mengurangi dampak negative dari kondisi kekurangan air. Akan tetapi di masa mendatang, para petani harus menghadapi penurunan kualitas maupun kuantitas air untuk irigasi karena persaingan yang meningkat dengan sektor lain (Weerakon *et al.* 2011). Laporan Lin *et al.* (2003) menyebutkan bahwa, di China, 20-90% penghematan air dan pengendalian gulma lebih efektif dilakukan dengan perlakuan pemulsaan jerami dan plastik yang dikombinasikan pada sistem DSR dibandingkan pada sistem TPR. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih luas terkait peningkatan efisiensi penggunaan air pada sistem DSR (Weerakon *et al.* 2011).

Pengembangan varietas untuk sistem DSR masih belum populer dikalangan para pemulia tanaman sehingga belum menjadi prioritas program pemuliaan tanaman padi saat ini (Farooq *et al.* 2011). Varietas yang berdaya hasil tinggi serta toleran terhadap kondisi sub-optimal (seperti toksisitas dan defisiensi hara mineral, serta kekeringan dan banjir) masih dibutuhkan untuk sistem DSR. Tekanan gulma yang tinggi pada sistem DSR, dapat dikurangi dengan memilih varietas-varietas yang cepat berkecambah serta cepat dalam pematangan biji (Coffman dan Nanda 1982). Perkecambahan serta akumulasi biomassa cepat dan seragam, menurut Mahender *et al.* (2015), merupakan kekuatan awal bibit DSR dalam beradaptasi dengan lingkungan. Hasil penelitian Yun *et al.* (1992) menyimpulkan bahwa padi tipe Indica memiliki potensi hasil yang lebih tinggi dibanding tipe Japonica ketika ditanam pada sistem *dry* DSR, sehingga tipe Indica dapat dikembangkan pada

program pemuliaan di masa mendatang. Karenanya, program pemuliaan untuk merakit varietas yang sesuai dengan sistem DSR diperlukan sebagai bagian dalam pengembangan paket teknologi produksi padi melalui tanam benih langsung.

2.3 Morfofisiologi Padi untuk Sistem DSR

Pengembangan kultivar untuk sistem DSR belum secepat pengembangan kultivar untuk sistem pindah tanam. Akan tetapi, menurut Mackill dan Redona (1997), sifat spesifik seperti *early vigour* (EV), toleran terhadap perendaman, dan resistensi terhadap kekeringan sangat dipertimbangkan untuk sistem DSR. EV sangat penting untuk pembentukan tanaman yang baik dan kemampuan berkompetisi dengan gulma. Toleransi terhadap perendaman dan kekeringan sangat diperlukan untuk wilayah tadah hujan yang rentan terhadap kejadian banjir dan musim kering yang panjang. Sifat-sifat ini menurut beberapa peneliti berhubungan langsung dengan karakter morfologi dan fisiologi tanaman sejak fase awal (Sharma 1995; Diwan *et al.* 2013; Huang *et al.* 2017).

Berdasarkan kajian penanda genetik tanaman padi, terdapat karakter morfologi dan fisiologi yang teridentifikasi berkontribusi positif untuk hasil pada sistem DSR. Karakter tersebut diantaranya panjang tajuk, bobot basah dan kering tajuk, jumlah anakan per tanaman, panjang mesokotil, laju perkecambahan, aktivitas amilase, aktivitas akar, serta kandungan klorofil (Farooq *et al.* 2011; Diwan *et al.* 2013; Mahender *et al.* 2015). Sifat-sifat morfofisiologi akar seperti jumlah *nodal root* serta panjang dan kepadatan rambut akar berkontribusi lebih baik pada hasil tanaman padi pada sistem *dry* DSR (Sandhu *et al.* 2015). Nangklang *et al.* (1996) melaporkan bahwa padi yang ditanam pada sistem DSR lahan basah memiliki bobot kering tajuk lebih besar dan jumlah anakan yang lebih banyak jika dibandingkan padi yang ditanam dengan sistem pindah tanam, namun tidak berbeda pada peubah bobot kering akar. Laporan lainnya mengungkapkan bahwa penghilangan anakan 70-90 anakan per m² pada berbagai fase pertumbuhan tidak akan menurunkan hasil sistem DSR, karena penurunan jumlah malai pada saat fase pematangan akan terkompensasi dengan peningkatan berat malai sebesar 0.16 – 0.34 g per malai (Sharma 1995). Akan tetapi, varietas padi yang berbeda memberikan respon yang berbeda pada sistem tanam benih langsung ketika diperlakukan pada kondisi tertentu. Hasil penelitian Kriswantoro *et al.* (2018)

menunjukkan bahwa varietas Inpara 4 dan Inpari 22 memberikan respon yang lebih baik dibandingkan varietas Ciherang pada peubah tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, produksi gabah, bobot gabah kering panen, dan bobot gabah kering giling ketika ditanam dengan sistem tanam benih langsung pada lahan pasang surut. Hal ini mengindikasikan terdapat potensi genetik yang baik untuk merakit varietas yang sesuai untuk sistem DSR dan spesifik lokasi.

Hasil penelitian Farooq *et al.* (2006a,b,c) menyimpulkan bahwa keragaan komponen hasil dan hasil padi pada sistem DSR dipengaruhi oleh perlakuan priming benih (*seed priming*) sebelum dilakukan penanaman. Perlakuan priming seperti *hydropriming*, *hardening*, dan *osmohardening* dapat meningkatkan jumlah anakan dan jumlah malai (per m^2), hasil gabah (t ha^{-1}) dan indeks panen (%), serta menurunkan persentase gabah steril dibandingkan tanpa priming maupun perendaman secara tradisional (Farooq *et al.* 2006b). Hasil tersebut tidak lepas dari kemampuan benih yang diberikan priming mampu mempercepat waktu pemunculan kecambah dan periode perkembangan tanaman (*emergence to heading* dan *heading to maturity*) sehingga diduga meningkatkan indeks luas daun, laju pertumbuhan tanaman (*crop growth rate/CGR*), dan laju asimilasi bersih (*net assimilation ratio/NAR*) (Farooq *et al.* 2006c).

III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Percobaan telah dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah penanaman pada lahan basah (*transplanting* dan *wet DSR*) pada 9 Oktober 2021 dan periode panen Minggu ketiga dan keempat Januari 2022. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Sawah Baru (06o33' LS, 106o45' BT, altitude 250 mdpl), Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB University.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah empat genotipe terpilih masing-masing yaitu IPB193-F-17-2-3, IPB187-F-43-1-1, IPB193-F-38-2-1, dan IPB189-F-6-2-3), serta satu varietas pembanding (Ciherang). Pupuk yang digunakan adalah 135 kg N ha⁻¹ (tiga tahap; 40%-30%-30%), 36 kg P₂O₅ ha⁻¹, dan 60 kg K₂O ha⁻¹ (dua tahap;

60% dan 40%). Alat yang digunakan antara lain portable photosynthetic meter (Li-Cor 6400XT), soil plant analysis development (SPAD)/chlorophyll meter, penggaris, oven, timbangan analitik dan alat-alat pertanian.

3.3 Rancangan Percobaan dan Metode Pelaksanaan

Percobaan yang dilakukan meliputi dua faktor yang disusun secara faktorial. Percobaan dirancang menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan tiga ulangan. Faktor pertama sebagai petak utama adalah metode tanam yang terdiri atas pindah tanam (TPR), tanam benih langsung metode alur (alur WDSR), dan tanam benih langsung metode sebar (sebar WDSR). Sedangkan faktor kedua adalah genotipe padi yang terdiri dari Ciherang, IPB189-F-6-2-3, IPB193-F-17-2-3, IPB187-F-43-1-1, dan IPB193-F-38-2-1

Dalam penelitian ini, 15 kombinasi perlakuan dihasilkan dari gabungan kedua faktor, dengan setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga total terdapat 45 satuan percobaan. Satuan percobaan terdiri atas petakan berukuran 4 m x 5 m. Penanaman untuk metode DSR alur menggunakan jarak antar baris 20 cm dan untuk metode pindah tanam menggunakan jarak tanam 25 cm x 25 cm (sistem tegel). Pengendalian gulma, hama, dan penyakit disesuaikan dengan keperluan.

Metode Pelaksanaan

Persiapan lahan dilakukan 3 minggu sebelum penanaman. Tanah diolah menggunakan traktor sampai terbentuk lumpur secara sempurna untuk selanjutnya dilakukan pembagian petak percobaan dengan jarak antar petak 0,5-1 m. Sebelum ditanam, benih terlebih dahulu direndam dalam air selama 24 jam. Penelitian dilakukan pada awal musim hujan tahun 2021 dengan suhu maksimum 34°C dan suhu minimum 19°C (suhu harian rata-rata sekitar 26,2°C) serta kelembaban relatif (RH) di atas 70% (rata-rata harian 83,8%). Rata-rata curah hujan (CH) harian selama penelitian 8,2 mm/hari dengan CH tertinggi jatuh pada bulan Oktober yaitu sekitar 567 mm (22 hari hujan). Rata-rata lama penyinaran sekitar 4,8 jam per hari (data diambil dari stasiun BMKG Bogor). Hasil analisis tanah (September 2021) menunjukkan bahwa lahan percobaan yang digunakan memiliki tekstur dominan liat dengan kandungan C-organik sedang dan N-total rendah-sedang serta kandungan K-total tinggi-sangat tinggi.

Penanaman benih dilakukan secara manual dengan cara sebar/tebar langsung di permukaan tanah dan disebar/tebar pada alur dengan jarak antar baris/alur 20 cm. Kebutuhan benih padi untuk tanam benih langsung sekitar 120 g m⁻² (Kumar dan Ladha, 2011). Selain bertujuan untuk mencapai hasil yang tinggi, kebutuhan benih pada metode sebar permukaan juga bertujuan untuk mengendalikan infestasi gulma (Pane, 2003) dan mengurangi pertumbuhan gulma yang tidak diinginkan. Penanaman benih dilakukan mengikuti metode dari Kriswantoro et al. (2018). Penanaman dengan sebar permukaan yaitu menyebarkan benih di permukaan tanah sawah dan penanaman sebar alur dilakukan secara manual dengan membuat alur dan menyebarkan benih dalam barisan atau alur.

Parameter pengamatan yang diukur pada penelitian ini terdiri atas Morfo-fisiologi (tinggi, jumlah anakan, biomassa tanaman, laju fotosintesis, konduktansi stomata, dan kehijauan daun) yang diamati pada fase berbunga (heading), dan komponen hasil (jumlah malai, panjang malai, jumlah gabah dan bobot gabah per malai, persentase gabah isi, dan bobot 1000 butir gabah). Sedangkan untuk parameter hasil dihitung dari panen ubinan 3 m x 3 m, selanjutnya pengukuran bobot gabah kering (GKG) dilakukan setelah gabah dirontokkan dan dikeringkan melalui penjemuran di lantai jemur selama 3 hari sampai kadar air mencapai 0.14 g H₂O g⁻¹ (14%). Pengambilan sampel rumpun untuk pengamatan mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Wang et al. (2016). Pengukuran tinggi dan anakan dilakukan pada enam tanaman contoh untuk sistem TPR, per meter baris (diukur pada 6 baris) untuk sistem DSR alur, dan per m² untuk sistem DSR sebar. Bobot kering tanaman diukur dengan mengeringkan biomassa tanaman dalam oven pada suhu 80oC selama 48 jam. Laju diukur menggunakan portable photosynthesis system (LI-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA) pada saat kondisi cuaca cerah (antara jam 08.00 -12.00) dan dilakukan pada setiap daun bendera dari dua tanaman contoh setiap petak. Kehijauan daun diukur pada daun daun bendera yang telah membuka penuh pada enam tanaman contoh menggunakan SPAD meter (SPAD-502, Konica-Minolta, Japan).

3.4 Analisis Data

Seluruh data percobaan akan ditampilkan dalam nilai rata-rata $\pm$ standar error (SE). Data yang diperoleh dianalisis keragamannya (analysis of variance)

menggunakan software Statistic Tools of Agriculture Research (STAR) v3.2 dari IRRI serta dilakukan pengujian beda nilai tengah dengan uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada taraf kesalahan 5%.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keragaan morfologi dan fisiologi tanaman padi pada berbagai metode budidaya

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, genotipe yang ditanam dengan metode tanam berbeda memberikan respon berbeda pada beberapa karakter morfo-fisiologi. Keragaan respon morfo-fisiologi pada fase berbunga disajikan pada Tabel 1. Tanaman padi yang ditanam pada lahan basah dengan metode pindah tanam memiliki tinggi yang sama (128 cm) dengan tanaman padi pada metode tanam benih langsung secara alur (alur WDSR) dan keduanya masih lebih tinggi 4% dari tanaman yang ditanam dengan metode sebar benih langsung (sebar WDSR). Hasil ini melengkapi temuan kami sebelumnya yang mengamati keragaan tinggi tanaman padi pada metode pindah tanam dan tanam benih langsung lahan basah sampai 65 hari setelah semai (Fauzi *et al.*, 2022). Genotipe IPB189-F-6-2-3 menjadi yang paling tinggi di semua metode tanam dan Ciherang menjadi yang terpendek diantara semua genotipe di semua metode tanam. Metode tanam benih langsung secara alur menghasilkan jumlah anakan (per m²) 23-44% lebih tinggi dibandingkan metode tanam lainnya baik pada lahan basah maupun lahan kering (519 dan 567 batang m⁻²) untuk seluruh genotipe yang diuji. Metode pindah tanam menghasilkan anakan (341 batang m⁻²) lebih banyak dari metode sebar permukaan di lahan kering namun lebih sedikit dibanding metode sebar permukaan di lahan basah. Fakta ini sejalan dengan hasil penelitian (Huang *et al.*, 2011) yang menyebutkan bahwa jumlah anakan pada sistem DSR 55% lebih tinggi dari sistem pindah tanam. Tingginya potensi anakan pada metode tanam benih langsung secara alur memberikan peluang untuk dikembangkan karena berpotensi menghasilkan jumlah anakan produktif lebih banyak. Pada perlakuan genotipe, IPB 187-F-43-1-1 menghasilkan jumlah anakan tertinggi pada metode pindah tanam dan alur WDSR dan varietas Ciherang menghasilkan jumlah anakan tertinggi pada metode tanam lainnya.

Tabel 1. Keragaan karakter morfo-fisiologi genotipe padi dan metode budidaya berbeda pada fase berbunga (*heading*)

Faktor	Variabel									
	Tinggi Tanaman (cm)		Jumlah anakan (batang m ⁻²)		Kehijauan daun	Laju Fotosintesis	Konduktansi stomata		Bobot Kering Tanaman (g tan ⁻¹)	
Genotipe										
Ciherang	110,7	c	459,3	ab	38,6	24,7	0,26	b	3,2	c
IPB189-F-6-2-3	137,0	a	406,0	abc	36,4	25,9	0,34	ab	4,06	abc
IPB193-F-17-2-3	133,0	ab	396,4	bc	35,6	27,1	0,45	a	4,95	a
IPB187-F-43-1-1	125,4	b	464,0	a	35,6	25,8	0,29	b	4,32	ab
IPB193-F-38-2-1	129,7	b	371,2	c	34,9	26,4	0,33	b	3,93	bc
Sistem Budidaya										
Transplanting	128,6	a	340,8	c	37,4	25,6	0,2	b	4,77	a
Alur WDSR	128,7	a	518,7	a	35,3	26,5	0,4	a	3,8	b
Sebar WDSR	124,3	b	398,7	b	35,9	25,8	0,4	a	3,71	b
ANOVA										
Genotipe (G)	**		*		tn	tn	*		*	
Metode Budidaya (M)	*		**		tn	tn	**		*	
G x M	*		tn		tn	tn	tn		tn	
Rata-rata	127,2 ± 2,5		419,4 ± 32,5		36,2 ± 1,4	26,0 ± 0,9	0,3 ± 0,06		4,1 ± 0,5	
Koefisen keragaman (%)	3,9		15,4		7,7	7,7	41,1		25,3	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada peubah yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata berdasarkan uji berganda Duncan (DMRT) pada tingkat signifikansi $\alpha < 5\%$. Tanda *menunjukkan pengaruh nyata pada tingkat signifikansi 5%, **menunjukkan pengaruh nyata pada tingkat signifikansi 1%, dan ^{tn}menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata.

Berdasarkan hasil pengamatan, baik metode tanam maupun genotipe tidak menunjukkan perbedaan nyata pada peubah laju fotosintesis saat fase berbunga (Tabel 1). Sedangkan pada peubah konduktansi stomata, perlakuan genotipe maupun metode tanam memberikan pengaruh nyata terhadap respon konduktansi stomata. Metode tanam benih langsung menghasilkan konduktansi stomata yang lebih besar dibanding metode pindah tanam. Besarnya nilai konduktansi ini mengindikasikan bahwa aktivitas pertukaran gas seperti CO₂ cukup tinggi dan ini sejalan dengan jumlah CO₂ antar sel daun lebih tinggi pada metode tanam benih langsung. Hasil penelitian (Yamori *et al.*, 2020) mengungkapkan bahwa konduktansi stomata (*gs*) pada tanaman padi penting untuk mnegatur fotosintesis pada lingkungan alami dengan cahaya yang berfluktuasi.

Besarnya nilai konduktansi dan konsentrasi CO₂ akan mendorong peningkatan aktivitas tanaman yang dapat menguntungkan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hirasawa *et al.* (2009) menyimpulkan bahwa tipe padi *indica* memiliki laju fotosintesis yang besar disebabkan oleh kapasitas akumulasi N yang besar dan peningkatan konduktansi stomata pada daun. Perbedaan lingkungan tumbuh menghasilkan laju transpirasi yang lebih besar pada metode tanam di lahan basah dibandingkan di lahan kering (data tidak ditampilkan). Hal ini telah dipahami sebagai bentuk adaptasi tanaman dalam kasus kecukupan air, di mana ketersediaan air yang terbatas atau bahkan kurang akan mendorong tanaman salah satunya dengan menurunkan laju kehilangan air (transpirasi) untuk menghindari kondisi stress yang berlebihan (*avoidance*) (Xu *et al.*, 2020).

Tingkat kehijauan daun yang diukur dengan *soil plant analysis development* (SPAD) mengindikasikan besarnya kandungan klorofil dalam daun (Kumagai, Araki and Kubota, 2009; Jinwen *et al.*, 2009). Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1, nilai kehijauan daun tidak berpengaruh secara nyata baik pada perlakuan metode budidaya maupun genotipe. Tanaman padi yang ditanam dengan metode tanam benih langsung tidak mengalami hambatan mekanis sejak awal pertumbuhan (*transplanting shock*) dibandingkan metode pindah tanam sehingga lebih cepat 6-10 hari memasuki fase berbunga (Fauzi *et al.*, 2022; Lee *et al.*, 2021). Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi dengan metode tanam benih langsung lebih cepat dan akan memasuki masa panen lebih cepat (Ohno *et al.*, 2018).

Berdasarkan hasil pengamatan yang disajikan pada Tabel 1, bobot kering tanaman yang ditanam dengan pindah tanam menghasilkan bobot kering terbesar pada fase berbunga (20%-25% lebih tinggi) dibandingkan metode tanam benih langsung. Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi bahan kering yang cepat di awal pertumbuhan tanaman pada sistem tanam benih langsung memberikan dampak terhadap penurunan kemampuan tanaman dalam mengakumulasi biomassa pada fase tumbuh berikutnya. Hasil yang sama juga dilaporkan pada pengujian padi hibrida (Chen *et al.*, 2009). Sumber potensial bahan kering tanaman DSR dianggap cukup karena memiliki anakan banyak dan luas daun lebih besar (Dingkuhn *et al.*, 1991), namun memiliki kemampuan lebih rendah dalam mengubah akumulasi

biomassa menjadi hasil dibandingkan tanaman pada sistem pindah tanam (Schnier *et al.*, 1990). Untuk dapat mengkompensasi hal tersebut, maka diperlukan kultivar/varietas padi yang tidak hanya kuat dalam pertumbuhan awal, melainkan juga mampu secara konsisten kuat dalam mengakumulasi biomassa sampai fase akhir pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

4.2 Komponen hasil genotipe padi

Hasil pengamatan komponen hasil terhadap genotipe dan metode tanam berbeda disajikan pada Tabel 2. Metode pindah tanam menghasilkan panjang malai yang lebih panjang, jumlah gabah dan jumlah gabah isi lebih banyak, serta bobot 1000 butir lebih besar dibanding metode lainnya. Metode tanam benih langsung pada lahan basah menghasilkan jumlah gabah hampa lebih rendah dan persentase gabah isi lebih tinggi dari metode lainnya. Selain itu, jumlah malai per m² lebih tinggi 71% dan 17%, masing-masing, pada metode tanam benih langsung alur dan sebar dibandingkan sistem pindah tanam. Zhang dan Yamagishi (2010) melaporkan bahwa penanaman padi dengan tingkat kerapatan tinggi menghasilkan jumlah malai per unit area lebih banyak dibandingkan pada kepadatan yang lebih rendah. Jumlah malai per unit area juga dilaporkan berpengaruh positif terhadap hasil tanaman (Tao *et al.*, 2016).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa galur-galur uji hasil pemuliaan padi IPB university memiliki panjang malai lebih panjang serta jumlah gabah, jumlah gabah isi, dan gabah hampa lebih banyak dibandingkan varietas Ciherang pada semua metode budidaya (Tabel 2). Genotipe IPB193-F-38-2-1 menjadi genotipe dengan malai terpanjang (27,4 cm) serta jumlah gabah per malai terbanyak (157 butir gabah per malai) diantara genotipe yang diuji. Genotipe IPB193-F-17-2-3 yang memiliki biomassa terbesar (Tabel 1) menghasilkan jumlah gabah isi lebih sedikit dari genotipe lainnya. Akan tetapi, genotipe tersebut menghasilkan bobot 1000 butir paling tinggi (33 g) diantara yang lain. Akumulasi bahan kering yang besar dan didukung dengan ukuran sink yang besar (jumlah gabah dan ukuran gabah) akan dapat meningkatkan kapasitas *sink* dalam menerima bahan kering, yang pada akhirnya terakumulasi lebih banyak (Nurhermawati, Lubis dan Junaedi, 2021) dibandingkan gabah dengan ukuran sink yang lebih kecil. Hasil penelitian Gendua *et al.* (2009) menyebutkan bahwa kultivar padi berdaya hasil tinggi ditandai

dengan persentase jumlah gabah isi yang stabil dan peningkatan ukuran *sink* serta berkaitan juga dengan peningkatan akumulasi karbohidrat dalam malai.

Karakter bobot gabah per malai merupakan salah satu komponen hasil tanaman padi, karakter ini dipengaruhi oleh periode akumulasi biomassa selama pertumbuhan (Dulbari *et al.*, 2018). Bobot gabah per malai pada sistem pindah tanam lebih besar dibandingkan dengan sistem tanam yang lainnya, hal ini terjadi karena jumlah gabah per malai yang dihasilkan pada sistem ini lebih banyak 15%-40% dibandingkan sistem tanam yang lain. Selain itu ketersediaan air yang cukup pada saat pengisian juga diduga berkontribusi pada mobilisasi asimilat yang lebih besar ke arah *sink*.

Tabel 2. Keragaan komponen hasil padi pada perlakuan genotipe dan metode budidaya berbeda

Faktor	Variabel													
	Jumlah malai (malai m ⁻²)	Panjang malai (cm)	Bobot gabah (g malai ⁻¹)	Jumlah gabah (butir malai ⁻¹)	Jumlah gabah isi (butir malai ⁻¹)	Jumlah gabah hampa (butir malai ⁻¹)	Bobot 1000 butir (g)	Persentase gabah isi (%)						
Genotipe														
Ciherang	372,5	23,7	c	2,8	b	134,9	b	101,1	33,8	b	27,7	c	75,4	a
IPB189-F-6-2-3	305,6	27,5	a	3,5	a	162,6	a	110,2	52,4	a	28,4	c	67,6	ab
IPB193-F-17-2-3	343,8	26,3	b	3,6	a	151,4	ab	97,5	54,0	a	33,0	a	64,3	b
IPB187-F-43-1-1	370,7	26,5	b	3,7	a	153,3	ab	112,6	45,3	a	30,0	b	74,3	a
IPB193-F-38-2-1	308,6	27,4	a	3,7	a	165,3	a	120,9	46,8	a	30,2	b	72,2	a
Sistem Budidaya														
Transplanting	262,7	b	27,3	a	4,3	a	184,4	a	127,0	a	57,4	a	30,8	68,6
Alur WDSR	450,7	a	26,4	b	3,4	b	157,3	b	112,2	a	45,0	b	30,1	71,4
Sebar WDSR	307,4	b	25,1	c	2,6	c	118,8	c	86,2	b	36,8	c	30,4	72,3
ANOVA														
Genotipe (G)	tn	**	**	*	tn	**	**	*						
Metode Budidaya (M)	**	**	**	**	**	**	tn	tn						
G x M	tn	tn	*	tn	tn	tn	tn	tn						
Rata-rata	340,3±31,8	26,3±0,4	3,4±0,2	153,5±9,7	108,5±10,5	46,4±4,8	29,9±0,6	70,7±3,9						
Koefisen keragaman (%)	18,5	3,1	10,7	12,5	19,3	20,6	3,7	10,8						

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada peubah yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata berdasarkan uji berganda Duncan (DMRT) pada tingkat signifikansi $\alpha < 5\%$. Tanda *menunjukkan pengaruh nyata pada tingkat signifikansi 5%, **menunjukkan pengaruh nyata pada tingkat signifikansi 1%, dan ^{tn}menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata.

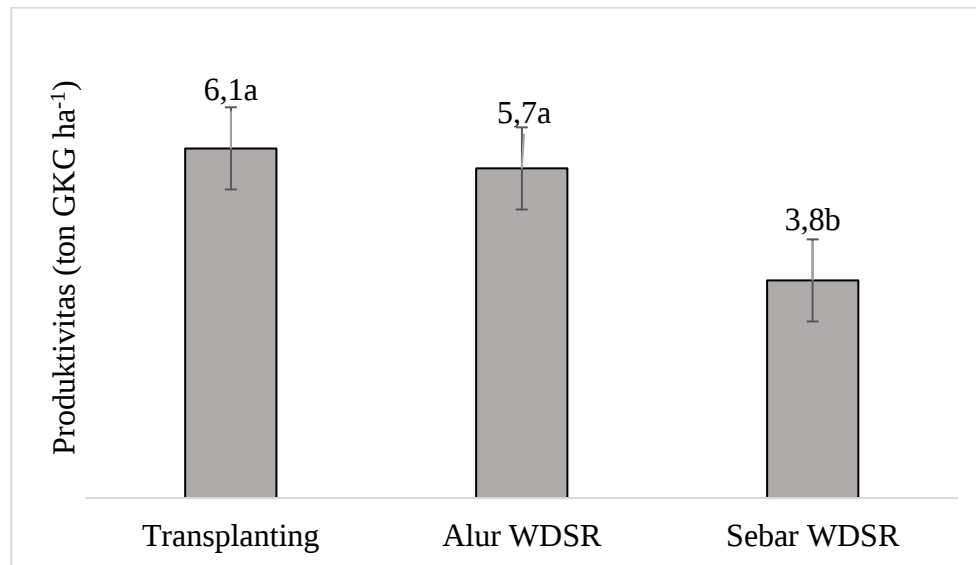
4.3 Hasil

Tabel 3. Produktivitas genotipe padi (ton GKG ha⁻¹) pada metode budidaya berbeda

Genotipe	Metode Budidaya		
	Transplanting	Alur WDSR	Sebar WDSR
Ciherang	5,7 bA	5,9 abA	3,4 cB
IPB189-F-6-2-3	5,8 bA	5,1 bA	2,5 dB
IPB193-F-17-2-3	5,7 bA	5,9 aA	5,5 aA
IPB187-F-43-1-1	6,3 abA	5,9 abA	4,3 bB
IPB193-F-38-2-1	6,8 aA	5,7 abB	3,1 cdC

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada peubah yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata berdasarkan uji berganda Duncan (DMRT) pada tingkat signifikansi $\alpha < 5\%$. Tanda *menunjukkan pengaruh nyata pada tingkat signifikansi 5%, **menunjukkan pengaruh nyata pada tingkat signifikansi 1%, dan ^{tn}menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata.

Produksi dan produktivitas telah menjadi tujuan akhir dari upaya pengembangan maupun penerapan teknologi budidaya tanaman di kalangan peneliti maupun petani. Produksi yang tinggi dengan penggunaan input produksi yang hemat akan dapat meningkatkan pendapatan para pelaku usahatani termasuk para produsen padi. Produktivitas dari kombinasi faktor disajikan pada Tabel 3. Produktivitas varietas Ciherang yang ditanam dengan alur WDSR lebih tinggi 0,2 ton dibandingkan pada metode pindah tanam (5,7 ton GKG ha⁻¹). Genotipe hasil pemuliaan menunjukkan produktivitas yang lebih tinggi pada lahan basah/sawah. Produktivitas tertinggi pada metode pindah tanam diperoleh dari genotipe IPB193-F-38-2-1 sebesar 6,8 ton GKG ha⁻¹ dan tidak berbeda signifikan dengan IPB187-F-43-1-1 (6,3 ton ha⁻¹). Kedua genotipe ini juga menghasilkan produktivitas yang setara dengan Ciherang pada metode alur WDSR. Metode alur DSR basah juga telah menjadi teknologi yang kompetitif di China Tengah karena mampu memberikan hasil dan produktivitas air yang lebih tinggi (rata-rata 10,8% dan 13,4%) serta lebih rendah menghasilkan emisi gas metana dan GWP (global warming potential) (rata-rata 62,3% dan 60,4%) dibandingkan metode pindah tanam (Tao et al., 2016).



Gambar 1 Produktivitas padi (ton GKG ha⁻¹) pada metode budidaya berbeda

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji berganda Duncan (DMRT) pada taraf α 5%

Genotipe IPB193-F-17-2-3 memberikan produktivitas yang cukup konsisten di atas 5,4 ton ha⁻¹ pada metode pindah tanam maupun tanam benih langsung (alur dan sebar) pada lahan basah. Hasil ini menginformasikan bahwa galur-galur IPB University memiliki potensi hasil yang lebih tinggi dari varietas nasional dan memiliki keunggulan untuk dikembangkan sebagai varietas untuk metode TPR juga sebagai varietas untuk DSR. Produktivitas pada lahan basah menunjukkan bahwa metode alur WDSR tidak berbeda signifikan atau setara dengan metode pindah tanam (*transplanting*), namun untuk metode sebar signifikan lebih rendah dari keduanya (Gambar 1). Produktivitas yang lebih rendah 51% pada metode sebar diduga karena adanya kompetisi dengan gulma yang lebih tinggi. Pengendalian gulma pada penelitian ini telah dilakukan sebanyak tiga kali secara manual dan dikombinasikan dengan herbisida pra tumbuh pada awal penanaman. Akan tetapi, tingkat kerapatan yang lebih tinggi dengan jarak antar populasi tanaman yang hampir tidak ada menyebabkan identifikasi keberadaan gulma serta pengendaliannya relatif sulit dilakukan. Kompetisi dengan gulma ini dilaporkan oleh beberapa peneliti dapat menurunkan hasil sampai 80% tergantung tingkat kerapatan gulma dan spesifikasi kondisi lahan (Mahajan dan Chauhan, 2013; Matloob, Khaliq dan Chauhan, 2015; Dubey *et al.*, 2022). Kompetisi ini juga

menghasilkan bobot kering tanaman yang lebih rendah pada fase berbunga (Tabel 1) yang berdampak pada penurunan yang signifikan pada jumlah gabah per malai, dan bobot gabah per malai (Tabel 2) serta produktivitas gabah kering giling (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan perlu adanya pengembangan metode pengendalian gulma yang tepat baik secara mekanis maupun kimiawi untuk dapat mendukung pengembangan metode sebar di masa mendatang.

V KESIMPULAN

Hasil evaluasi di lapangan menunjukkan bahwa perbedaan genotipe dan metode tanam berpengaruh terhadap karakter morfologi (tinggi dan jumlah anakan), fisiologi (konduktansi stomata dan biomassa), serta komponen hasil tanaman padi. Selanjutnya, berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa terdapat genotipe hasil pemuliaan dari IPB University yang menunjukkan potensi untuk dikembangkan menjadi varietas dalam sistem budidaya tanam benih langsung (DSR), seperti genotipe IPB193-F-17-2-3 dan IPB187-F-43-1-1. Hal ini disebabkan karena kedua genotipe ini menghasilkan produktivitas yang setara dengan metode budidaya pindah tanam. Sedangkan dari aspek budidaya padi, metode DSR alur dapat dijadikan teknologi alternatif karena memiliki keunggulan komparatif jumlah anakan, laju fotosintesis, persentase gabah isi, bobot 1000 butir gabah, serta produktivitas. Metode DSR sebar akan sangat potensial untuk dikembangkan lebih jauh di masa depan karena dapat menjadi teknologi yang efisien dalam penggunaan input serta dapat menekan biaya produksi. Studi lebih lanjut terkait pengembangan sistem DSR pada musim yang berbeda (musim panas/musim kemarau) akan diperlukan untuk mendapatkan informasi mengenai keberhasilan sistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alexandratos, N. and Bruinsma, J. (2012) *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*, ESA Working Paper No. 12-03. doi:<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.288998>.

Badan Pusat Statistik (2021) *Ringkasan Eksekutif Luas Panen dan Produksi padi di Indonesia 2021*.

Chen, S. *et al.* (2009) 'Genotypic Differences in Growth and Physiological Responses to Transplanting and Direct Seeding Cultivation in Rice', *Rice Science*, 16(2), pp. 143–150. doi:10.1016/S1672-6308(08)60071-2.

Dang, X. *et al.* (2014) 'Genetic diversity and association mapping of seed vigor in rice (*Oryza sativa* L.)', *Planta*, 239(6), pp. 1309–1319. doi:10.1007/s00425-014-2060-z.

Dingkuhn, M. *et al.* (1991) *Direct seeded flooded tropical rice, Direct Seeded Flooded Rice in the Tropics*.

Dubey, V.K. *et al.* (2022) 'Weed management in herbicide-tolerant rice under direct-seeded conditions', 11(7), pp. 668–672. Available at: <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue7S/PartI/S-11-7-25-914.pdf>.

Dulbari, D. *et al.* (2018) 'Karakter Agronomi dan Potensi Hasil 10 Genotipe Padi Tipe Baru pada Dua Lingkungan Tumbuh Berbeda', *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 18(1), p. 24. doi:10.25181/jppt.v18i1.672.

Fauzi, A.R. *et al.* (2021) 'Relationship of size and shape rice seed to early seedling vigor traits', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 694(1). doi:10.1088/1755-1315/694/1/012039.

Fauzi, A.R. *et al.* (2022) 'Evaluation of rice genotypes on seed attributes and agronomic performance for developing direct-seeded cultivar', *AIMS Agriculture and Food*, 7(1), pp. 1–21. doi:10.3934/agrfood.2022001.

Gendua, P.A. *et al.* (2009) 'Responses of yielding ability, sink size and percentage of filled grains to the cultivation practices in a Chinese large-panicle-type rice cultivar, Yangdao 4', *Plant Production Science*, 12(2), pp. 243–256. doi:10.1626/pps.12.243.

Hirasawa, T. *et al.* (2009) 'Varietal differences in photosynthetic rates in rice plants, with special reference to the nitrogen content of leaves', *Plant Production Science*, 13(1), pp. 53–57. doi:10.1626/pps.13.53.

Huang, M. *et al.* (2011) 'Yield component differences between direct-seeded and transplanted super hybrid rice', *Plant Production Science*, 14(4), pp. 331–338. doi:10.1626/pps.14.331.

Jinwen, L. *et al.* (2009) 'Responses of rice leaf thickness, SPAD readings and chlorophyll a/b ratios to different nitrogen supply rates in paddy field', *Field Crops Research*, 114(3), pp. 426–432. doi:10.1016/j.fcr.2009.09.009.

Kriswantoro, H. *et al.* (2018) 'Karakteristik Agronomis Tiga Varietas Padi (*Oryza sativa* L.) pada Dua Sistem Tanam Benih di Lahan Pasang Surut', *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 46(2), p. 140. doi:10.24831/jai.v46i2.15781.

- Kumagai, E., Araki, A. and Kubota, F. (2009) 'Correlation of Chlorophyll Meter Readings with Gas exchange and Chlorophyll Fluorescence in Flag Leaves of Rice (*Oryza sativa* L.) Plants', *Plant Production Science*, 12(1), pp. 50–53. doi:10.1626/pp.12.50.
- Kumar, A. *et al.* (2015) 'Productivity and economics of direct seeded rice (*Oryza sativa* L.)', *Journal of Applied and Natural Science*, 7(1), pp. 410–416. doi:10.31018/jans.v7i1.625.
- Kumar, V. and Ladha, J.K. (2011) *Direct Seeding of Rice. Recent Developments and Future Research Needs*. 1st edn, *Advances in Agronomy*. 1st edn. Elsevier Inc. doi:10.1016/B978-0-12-387689-8.00001-1.
- Lee, H.S. *et al.* (2021) 'Physiological causes of transplantation shock on rice growth inhibition and delayed heading', *Scientific Reports*, 11(1), pp. 1–13. doi:10.1038/s41598-021-96009-z.
- Mahajan, G. and Chauhan, B.S. (2013) 'The role of cultivars in managing weeds in dry-seeded rice production systems', *Crop Protection*, 49, pp. 52–57. doi:10.1016/j.cropro.2013.03.008.
- Mahender, A., Anandan, A. and Pradhan, S.K. (2015) 'Early seedling vigour, an imperative trait for direct-seeded rice: an overview on physio-morphological parameters and molecular markers', *Planta*, 241(5), pp. 1027–1050. doi:10.1007/s00425-015-2273-9.
- Matloob, A., Khaliq, A. and Chauhan, B.S. (2015) 'Weeds of Direct-Seeded Rice in Asia: Problems and Opportunities', *Advances in Agronomy*, pp. 291–336. doi:10.1016/bs.agron.2014.10.003.
- Nurhermawati, R., Lubis, I. and Junaedi, A. (2021) 'Respon Karakter Pengisian Biji dan Hasil terhadap Pemberian Pupuk Urea pada Empat Varietas Padi', *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 49(3), pp. 235–241. doi:10.24831/jai.v49i3.37655.
- Ohno, H. *et al.* (2018) 'On-farm assessment of a new early-maturing drought-tolerant rice cultivar for dry direct seeding in rainfed lowlands', *Field Crops Research*, 219, pp. 222–228. doi:10.1016/j.fcr.2018.02.005.
- Pane, H. (2003) 'Kendala dan peluang pengembangan teknologi padi tanam benih langsung', *Litbang Pertanian*, 22(4), pp. 172–178. Available at: <http://203.190.37.42/publikasi/p3224036.pdf>.
- Pathak, H. *et al.* (2011) 'Direct - seeded rice : Potential , performance and problems – A review', *Current Advances in Agricultural Sciences*, 3(2), pp. 77–88.
- Rao, A.N. *et al.* (2017) 'Rice Production Systems', in *Rice Production Worldwide*, pp. 185–205. doi:10.1007/978-3-319-47516-5.
- Ray, D.K. *et al.* (2013) 'Yield trends are insufficient to double global crop

production by 2050', *PLoS ONE*, 8(6). doi:10.1371/journal.pone.0066428.

Sandhu, N. *et al.* (2021) 'Effective crop management and modern breeding strategies to ensure higher crop productivity under direct seeded rice cultivation system: A review', *Agronomy*, 11(7), pp. 1–25. doi:10.3390/agronomy11071264.

Schnier, H.F. *et al.* (1990) 'Nitrogen Fertilization of Direct-Seeded Flooded vs. Transplanted Rice: I. Nitrogen Uptake, Photosynthesis, Growth, and Yield', *Crop Science*, 30(6), pp. 1276–1284. doi:10.2135/cropsci1990.0011183X003000060024x.

Tao, Y. *et al.* (2016) 'Lower global warming potential and higher yield of wet direct-seeded rice in Central China', *Agronomy for Sustainable Development*, 36(2). doi:10.1007/s13593-016-0361-2.

United Nation, U. (2019) 'World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100', *UN Department of Economic and Social Affairs*, pp. 8–12.

Wang, W. *et al.* (2016) 'Pre-sowing Seed Treatments in Direct-seeded Early Rice: Consequences for Emergence, Seedling Growth and Associated Metabolic Events under Chilling Stress', *Scientific Reports*, 6(August 2015), pp. 1–10. doi:10.1038/srep19637.

Xu, Q. *et al.* (2020) 'Effects of water stress on fluorescence parameters and photosynthetic characteristics of drip irrigation in rice', *Water (Switzerland)*, 12(1). doi:10.3390/w12010289.

Yamori, W. *et al.* (2020) 'Increased stomatal conductance induces rapid changes to photosynthetic rate in response to naturally fluctuating light conditions in rice', *Plant, Cell & Environment*, 43(5), pp. 1230–1240. doi:10.1111/pce.13725.

Zhang, B. and Yamagishi, J. (2010) 'Response of Spikelet Number per Panicle in Rice Cultivars to Three Transplanting Densities', *Plant Prod. Sci.*, 13(February), pp. 279–288.

