

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan karakteristik pertanian tropis yang didukung oleh letak geografis di sekitar garis khatulistiwa. Keberadaan sumber daya alam yang melimpah menjadikan sektor pertanian sebagai pilar utama dalam struktur perekonomian nasional dan penyedia utama lapangan kerja (Galitan et al., 2024). Padi (*Oryza sativa* L.) sebagai komoditas pangan utama memiliki peran sentral dalam sistem pertanian nasional, mengingat beras memenuhi sekitar 96,09% kebutuhan pangan masyarakat Indonesia (Mantiri et al., 2019). Beras juga berkontribusi sebesar 40-80% terhadap asupan kalori masyarakat di kawasan Asia, termasuk Indonesia, dan sekitar 2/3 dari total lahan pertanian dimanfaatkan untuk budidaya tanaman padi (Kharismawati dan Karjati, 2021).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024), luas panen padi di Indonesia menurun dari 10,21 juta hektare pada 2023 menjadi sekitar 10,05 juta hektare pada 2024, dengan produksi padi turun dari 53,98 juta ton menjadi 53,14 juta ton gabah kering giling (GKG), dan produksi beras untuk konsumsi penduduk juga menurun dari 31,10 juta ton menjadi 30,62 juta ton. Sementara itu, jumlah penduduk Indonesia meningkat dari 278,7 juta jiwa pada 2023 menjadi 281,6 juta jiwa pada 2024, dan diproyeksikan mencapai 284,4 juta jiwa pada 2025 (BPS, 2024). Ketahanan pangan harus memastikan stabilitas antara pertumbuhan populasi dan ketersediaan pangan. Ketidakseimbangan antara pertumbuhan penduduk dan penurunan produksi pangan dapat memicu ketergantungan pada impor dan fluktuasi harga yang berdampak pada stabilitas pangan nasional (Burchi and De Muro 2016).

Stabilitas pangan nasional bergantung pada perdagangan internasional, di mana negara mengekspor komoditas unggulan dan mengimpor kebutuhan yang tidak tercukupi secara domestik (Salasa, 2021). Beras sebagai makanan pokok mayoritas penduduk Indonesia masih mengandalkan impor, dengan total 3,48 juta ton senilai 2,15 miliar dolar AS pada 2024 (BPS, 2024). Hal ini mengindikasikan bahwa produksi domestik belum mampu memenuhi permintaan nasional. Oleh karena itu, diperlukan strategi peningkatan produktivitas melalui efisiensi penggunaan lahan, salah satunya melalui penerapan sistem budidaya dengan populasi tanaman yang lebih tinggi atau populasi padat sebagai bentuk intensifikasi pertanian yang berkelanjutan dan efisien. Namun, peningkatan kepadatan tanaman ini berpotensi menimbulkan permasalahan baru yang berkaitan dengan interaksi antar tanaman dalam satu hamparan.

Perubahan iklim memberikan dampak signifikan terhadap produktivitas tanaman padi melalui gangguan pada kondisi iklim mikro, peningkatan suhu, serta perubahan pola curah hujan yang mengganggu fase-fase pertumbuhan tanaman. Suhu udara yang relatif tinggi dapat mempercepat fase pertumbuhan vegetatif dan reproduktif tanaman padi yang berujung pada pemendekan umur tanaman dan penurunan hasil gabah (Gunawan et al., 2024). Selain itu, peningkatan intensitas dan

ketidakteraturan curah hujan menyebabkan ketidakseimbangan ketersediaan air, baik berupa kekeringan ekstrem maupun genangan yang dapat menghambat pembentukan anakan dan pengisian malai (Sulaminingsih et al., 2024). Gangguan-gangguan iklim ini juga memperbesar risiko serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), terutama hama dan penyakit mampu berkembang lebih cepat pada kondisi lingkungan yang berubah drastis, sehingga produktivitas padi mengalami penurunan secara signifikan (Pradono dan Setyadi, 2016).

Penurunan produktivitas padi akibat perubahan iklim tidak hanya berdampak pada hasil panen, tetapi juga berimplikasi terhadap stabilitas sosial-ekonomi petani. Ketidakpastian hasil panen dan rendahnya keuntungan mendorong sebagian petani untuk meninggalkan sektor pertanian dan mencari mata pencaharian alternatif di luar pertanian (Pratiwi et al., 2024). Pergeseran profesi ini umumnya disebabkan oleh ketidakseimbangan antara pendapatan yang diperoleh dan tingginya biaya serta risiko produksi yang dihadapi, terutama di tengah kondisi iklim yang semakin tidak menentu (Syamsir et al., 2024). Akibatnya, terjadi penurunan ketersediaan tenaga kerja dalam kegiatan budidaya termasuk pada tahap penanaman yang semakin signifikan dan kompleks. Kelangkaan tenaga kerja tanam mendorong petani untuk mengadopsi teknologi budidaya yang lebih efisien terhadap tenaga kerja, salah satunya melalui sistem tanam tebar benih langsung (tabela) sebagai alternatif terhadap metode pindah tanam konvensional (Kurniati et al., 2025).

Populasi padat merupakan kondisi yang secara alami terbentuk pada sistem tanam tebar benih langsung (tabela) karena menghasilkan kepadatan tanaman yang lebih tinggi dibandingkan sistem tanam pindah (Kurniati et al., 2025). Kondisi ini menyebabkan meningkatnya kompetisi intra-spesifik antar tanaman dalam memperoleh cahaya, air, dan unsur hara, yang pada akhirnya dapat menurunkan pertumbuhan vegetatif, jumlah anakan produktif, serta komponen hasil lainnya (Sulaminingsih et al., 2024). Selain itu, populasi padat juga dapat meningkatkan keragaman fenotip akibat perbedaan kemampuan adaptasi masing-masing genotipe terhadap tekanan lingkungan, sehingga proses seleksi menjadi lebih kompleks dan memerlukan pendekatan yang lebih terarah (Siallagan et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan varietas padi yang tidak hanya berdaya hasil tinggi, tetapi juga memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap kondisi populasi padat dan tekanan kompetisi yang tinggi (Handani et al., 2021).

Pendekatan pemuliaan tanaman seperti seleksi galur dan induksi mutasi diperlukan untuk menghasilkan varietas unggul yang adaptif terhadap sistem tanam tabela dan kondisi populasi padat. Mutasi dalam pemuliaan tanaman merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menciptakan variasi genetik baru. Proses mutasi sering melibatkan penggunaan agen mutagen, baik berupa zat kimia, radiasi, maupun perlakuan fisik lainnya yang memicu perubahan signifikan pada struktur DNA (Khanh et al., 2021). Mutasi pada tanaman menyebabkan perubahan pada tingkat genom, kromosom, dan DNA yang dapat menghasilkan abnormalitas hingga kematian pada generasi mutan pertama akibat radikal bebas (Sulianti et al., 2019). Namun demikian, mutasi juga berperan penting dalam menciptakan keragaman

genetik yang dapat diwariskan, sehingga memungkinkan seleksi terhadap sifat-sifat unggul yang diinginkan (Sulianti et al., 2022).

Program pemuliaan mutasi pada penelitian ini diawali dari penggunaan galur dihaploid HS1-28-1-5 hasil kultur antera oleh Anshori et al. (2018) sebagai bahan dasar (M0) dengan tingkat homozigositas tinggi. Galur tersebut kemudian dimutasikan menggunakan iradiasi sinar gamma dengan dosis 200–400 Gy untuk menghasilkan keragaman genetik baru. Pada generasi M1, penanaman dilakukan oleh Reskiana Rahman pada bulan Maret tahun 2024, yang menghasilkan populasi mutan dalam jumlah besar, yang kemudian diseleksi sehingga diperoleh 1.600 individu mutan yang mampu bertahan dan menunjukkan variasi fenotip sebagai dasar seleksi lanjutan.

Seleksi dilanjutkan pada generasi M2 oleh Muh. Fikri Al Qautzar pada bulan Agustus tahun 2024, menggunakan populasi hasil seleksi M1 yang disederhanakan menjadi sekitar 600 galur mutan potensial untuk dievaluasi lebih lanjut. Pada tahap ini dilakukan karakterisasi pertumbuhan dan produksi serta analisis parameter genetik seperti heritabilitas, korelasi, dan indeks seleksi. Karakter agronomis seperti jumlah anakan produktif, panjang malai, jumlah gabah per malai, persentase gabah berisi, dan bobot 100 bulir diketahui berkontribusi penting terhadap hasil, sehingga digunakan sebagai dasar dalam proses seleksi galur mutan potensial.

Selanjutnya, penelitian dilanjutkan pada generasi M3 dengan menggunakan benih hasil seleksi M2 untuk mengevaluasi kestabilan sifat dan kemampuan adaptasi galur mutan pada kondisi lingkungan spesifik. Dalam penelitian ini, kondisi yang digunakan adalah populasi padat yang menimbulkan kompetisi tinggi antar tanaman dalam memperoleh sumber daya. Mengingat mutasi bersifat acak, maka pengujian pada kondisi cekaman menjadi penting untuk mengidentifikasi galur yang benar-benar memiliki daya saing tinggi dan tetap mampu berproduksi optimal pada kondisi jarak tanam sempit. Generasi mutan lanjut seperti M2 dan M3 merupakan tahap penting dalam evaluasi stabilitas sifat dan seleksi galur unggul. Seleksi pada kondisi populasi padat tidak dapat hanya didasarkan pada satu karakter, tetapi perlu mempertimbangkan parameter genetik seperti heritabilitas, korelasi antar karakter, sidik lintas, serta indeks seleksi untuk memperoleh genotipe unggul secara simultan (Siallagan et al., 2023; Rustandy et al., 2023).

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini fokus pada pendugaan parameter genetik dan seleksi galur padi mutan M3 dengan potensi hasil tinggi pada kondisi populasi padat sebagai upaya untuk memperoleh galur yang adaptif, produktif, dan stabil pada kondisi kompetisi tinggi.

1.2. Landasan Teori

1.2.1 Pemuliaan Padi melalui Mutasi

Pemuliaan tanaman padi adalah upaya ilmiah untuk meningkatkan potensi genetik melalui perbaikan sifat-sifat agronomis agar diperoleh varietas unggul yang adaptif terhadap lingkungan dan sesuai dengan kebutuhan budidaya. Sejak awal abad ke-20, metode persilangan telah banyak digunakan dalam pengembangan varietas padi dengan memanfaatkan plasma nutfah dari berbagai sumber genetik

(Swastika et al., 2021). Pemuliaan konvensional tetap menjadi strategi utama dalam peningkatan produktivitas dan mutu hasil, dengan keberhasilan program pemuliaan umumnya diukur dari tingkat adopsi varietas unggul oleh petani (Hairmansis et al., 2015). Tingginya adopsi menunjukkan bahwa varietas yang dihasilkan mampu menjawab tantangan teknis di lapangan serta memenuhi preferensi lokal. Dalam mendukung kesinambungan program pemuliaan, eksplorasi dan konservasi plasma nutfah lokal penting untuk menjaga keragaman genetik dan adaptasi varietas terhadap lingkungan (Ezward et al., 2019).

Pemuliaan mutasi merupakan pendekatan inovatif untuk menghasilkan varietas padi unggul dengan sifat-sifat baru yang tidak dijumpai pada pemuliaan konvensional. Teknik ini digunakan untuk memperbaiki varietas lokal yang memiliki keunggulan spesifik seperti cita rasa dan aroma yang disukai konsumen, namun memiliki kelemahan agronomis misalnya tinggi tanaman rentan terhadap rebah (Sobrizal, 2016). Salah satu metode yang umum digunakan adalah iradiasi benih dengan sinar gamma yang terbukti mampu menghasilkan tanaman dengan umur panen lebih pendek dan ketahanan terhadap rebah (Meliala et al., 2016). Selain itu, mutasi yang diinduksi melalui iradiasi sinar gamma juga telah berhasil menghasilkan keragaman sifat agronomis pada generasi M3 padi, termasuk potensi perubahan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan umur panen (Raihanun et al., 2024). Hal ini dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan untuk meningkatkan produktivitas dan adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang berubah-ubah akibat iklim.

Integrasi antara pemuliaan konvensional dan mutasi merupakan strategi efektif dalam pengembangan varietas padi unggul yang adaptif terhadap perubahan iklim dan kebutuhan spesifik di tingkat lokal. Kombinasi teknik persilangan dan induksi mutasi mampu memperluas keragaman genetik sekaligus mempercepat proses seleksi genotipe unggul (Sobrizal, 2016). Pendekatan ini memungkinkan penggabungan berbagai sifat penting seperti ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta toleransi terhadap cekaman lingkungan yang ekstrem (Triani et al., 2021). Selain itu, integrasi kedua metode ini berpotensi menghasilkan varietas yang tidak hanya berproduktivitas tinggi, tetapi juga adaptif terhadap sistem tanam tebar benih langsung (tabela) yang kini menjadi salah satu solusi dalam menghadapi keterbatasan tenaga kerja di sektor pertanian (Fiansyah et al., 2023).

1.2.2 Perkembangan Padi

Produksi padi di Indonesia mengalami dinamika yang signifikan dalam satu dekade terakhir. Data menunjukkan bahwa produksi padi tahun 2015 mencapai 75,55 juta ton gabah kering giling (GKG), meningkat sebesar 6,64% dibandingkan tahun sebelumnya (Priyanto et al., 2025). Namun, tren penurunan produksi mulai terlihat pada tahun 2023 dengan prediksi penurunan sebesar 1,10% dari tahun sebelumnya, dan diperkirakan terus menurun hingga tahun 2027 (Zamahzari dan Puryantoro, 2023). Penurunan ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian dan perubahan iklim yang mempengaruhi pola tanam (Khasanah dan Gunanto, 2024).

Perubahan iklim merupakan tantangan besar dalam produksi padi di Indonesia, terutama akibat peningkatan suhu dan pergeseran pola curah hujan yang menurunkan produktivitas. Fenomena ekstrem seperti El-Nino memicu kekeringan berkepanjangan, sedangkan La-Nina memicu hujan berlebih yang memperbesar risiko banjir, sehingga menciptakan ketidakpastian musim tanam dan memengaruhi hasil panen (Widiarta, 2016). Menghadapi kondisi ini, diperlukan inovasi teknologi serta pemuliaan varietas yang adaptif terhadap stres abiotik. Penelitian menunjukkan bahwa suhu udara yang tinggi pada fase pembungaan dapat mengakibatkan kegagalan pembentukan polen yang fertil, sehingga secara nyata menurunkan hasil produksi padi (Hakata et al., 2017). Fluktuasi iklim juga turut meningkatkan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang berimplikasi pada tingginya kerugian hasil jika tidak diantisipasi secara agronomis dan genetik (Diyasti dan Amalia, 2021).

1.2.3 Konsep Tabela dan Populasi Padat

Tanaman padi secara umum dapat dibudidayakan menggunakan sistem penanaman tanam benih langsung (tabela), *System of Rice Intensification* (SRI), dan *transplanting* (tapin) (Pandawani dan Putra, 2015). Di antara ketiganya, sistem penanaman yang paling sering digunakan oleh para petani yaitu sistem penanaman tabela. Jika dibandingkan dengan sistem penanaman lainnya, tabela unggul dalam efektivitas dan efisiensi, karena waktu tanam yang cepat dan dapat memantapkan peningkatan produksi (Mamondol, 2017). Sistem penanaman ini juga dapat mengurangi biaya karena tenaga kerja lebih sedikit dan pemupukan lebih mudah, karena sistem tabela dilakukan pada larikan saja. Sistem tabela dilakukan tanpa melakukan proses persemaian, pemupukan bibit, pencabutan bibit, pengangkutan bibit, dan penanaman bibit (Nooyo dan Nasrul, 2022).

Sistem tabela seringkali diterapkan dalam kondisi penanaman padi populasi padat, yaitu ketika jumlah tanaman per satuan luas ditingkatkan dengan jarak tanam yang lebih rapat guna mengoptimalkan hasil (Salawati et al., 2021). Disamping keunggulan sistem tabela, beberapa kelemahan juga dimiliki seperti kebutuhan bibit yang lebih banyak serta biaya pupuk dan pestisida yang semakin meningkat. Selain itu, sistem tabela tidak dianjurkan untuk digunakan pada musim hujan karena benih akan terendam air lebih lama dan membusuk (Lita et al., 2013). Dalam program pemuliaan tanaman cenderung menggunakan sistem tapin karena beberapa alasan, seperti memberikan lingkungan tumbuh yang lebih terkontrol, memungkinkan seleksi genetik lebih akurat terhadap karakter agronomis penting seperti tinggi tanaman, umur berbunga, ketahanan rebah, dan keseragaman pertumbuhan, sehingga memberikan kemudahan dalam pencatatan data yang dibutuhkan dalam proses seleksi galur unggul (Gunawan et al., 2022).

Perbedaan antara sistem tanam yang digunakan dalam program pemuliaan dengan praktik lapangan seperti tabela menjadi tantangan tersendiri, khususnya ketika varietas hasil pemuliaan tidak menunjukkan kinerja yang optimal pada sistem tanam langsung yang kini semakin banyak diadopsi oleh petani (Magfiroh et al., 2017). Sistem budidaya yang berkembang di tingkat petani seperti tabela perlu membentuk kesesuaian dengan metode pemuliaan. Penanaman padi dengan sistem

tabela pada kondisi populasi padat membutuhkan varietas yang mampu beradaptasi terhadap tekanan lingkungan, khususnya selama fase perkecambahan dan tahap awal pertumbuhan (Samudin et al., 2022). Pengembangan varietas melalui teknik mutasi atau seleksi yang disesuaikan dengan kondisi tabela merupakan pendekatan yang menjanjikan dalam upaya meningkatkan produktivitas serta ketahanan tanaman terhadap variabilitas lingkungan yang semakin meningkat akibat dampak dari perubahan iklim (Ezward et al., 2019).

1.2.4 Pendugaan Parameter Genetik

Pendugaan parameter genetik seperti heritabilitas dan korelasi genetik sangat penting dalam menentukan efektivitas seleksi dalam program pemuliaan tanaman. Parameter ini memberikan informasi mengenai proporsi variasi fenotipik yang disebabkan oleh faktor genetik dan seberapa kuat hubungan antar sifat yang diamati. Jumlah malai per rumpun memiliki korelasi genetik tinggi dan positif terhadap hasil gabah per hektar, menjadikannya sebagai indikator potensial dalam seleksi tidak langsung (Widyayanti et al., 2017). Hal serupa bahwa karakter tinggi tanaman dan jumlah gabah per malai memiliki heritabilitas tinggi pada galur padi gogo (Mardiyah et al., 2022). Selain itu, Nilai heritabilitas tinggi pada karakter jumlah anakan dan indeks panen dapat mengindikasikan terhadap peluang keberhasilan tinggi dalam seleksi pada generasi lanjut.

Pemuliaan mutan padi memanfaatkan estimasi parameter genetik, seperti ragam genetik dan heritabilitas untuk mengevaluasi potensi galur-galur hasil iradiasi (Ellya et al., 2019). Seleksi yang didasarkan pada parameter ini dapat mengidentifikasi genotipe dengan stabilitas dan performa tinggi dalam berbagai kondisi lingkungan (Sihombing, 2024). Penelitian terhadap galur mutan padi pasang surut generasi M3 berhasil mengidentifikasi 25 galur potensial berdasarkan hasil panen dan komponen hasil (Ellya et al., 2019). Selain itu, estimasi heritabilitas tinggi pada komponen hasil seperti berat 1000 butir dan jumlah gabah bernas memberikan peluang seleksi efisien untuk generasi berikutnya (Sihombing, 2024). Studi lain juga mengungkapkan bahwa galur-galur padi hasil mutasi menunjukkan keragaman genetik yang luas, sehingga memungkinkan peningkatan produktivitas melalui seleksi berbasis parameter genetik (Suliartini et al., 2019).

Seleksi terhadap galur mutan yang adaptif pada kondisi populasi padat perlu mempertimbangkan interaksi antara genotipe dan lingkungan, termasuk pengaruh kepadatan tanam terhadap ekspresi karakter agronomis (Aryana et al., 2017). Respons tanaman terhadap kepadatan tinggi sangat bergantung pada kemampuan adaptasi morfologi dan fisiologi yang diwariskan (Yunita et al., 2014). Kepadatan tanam berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan, dan hasil per petak yang perlu disesuaikan dalam program seleksi (Aryana et al., 2017). Selanjutnya, integrasi parameter genetik dengan perlakuan populasi padat dapat meningkatkan akurasi seleksi galur unggul adaptif, terutama untuk sistem tanam seperti tebar benih langsung (tabela), di mana kompetisi antar tanaman bisa menjadi lebih tinggi (Setiko dan Santoso, 2023).

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk:

1. Menduga parameter genetik galur mutan padi M3 pada kondisi populasi padat.
2. Mengidentifikasi kriteria seleksi, berdasarkan hubungan antar karakter dan kontribusinya terhadap hasil.
3. Menyeleksi galur-galur mutan padi M3 unggul berdasarkan karakter terseleksi untuk dilanjutkan ke generasi M4.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan dasar ilmiah untuk pemilihan galur mutan padi M3 unggul melalui pendugaan parameter genetik, identifikasi kriteria seleksi, dan hubungan antar karakter dalam kondisi populasi padat untuk dilanjutkan ke generasi M4.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yakni:

1. Terdapat keragaman genetik yang tinggi pada galur mutan padi M3 di kondisi populasi padat.
2. Beberapa karakter agronomis memiliki korelasi positif dan signifikan terhadap hasil, sehingga dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi.
3. Terdapat galur-galur mutan padi M3 unggul yang dapat diseleksi berdasarkan karakter terseleksi dan berpotensi untuk dilanjutkan ke generasi M4.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Maradekayya, Kecamatan Bajeng, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Pelaksanaan penelitian ini mulai dari bulan Mei hingga Oktober 2025.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih galur padi M3 yang terdiri dari 87 galur terseleksi dari M2 dan varietas pembanding yang digunakan terdiri dari Inpari 13, Cakrabuana, Biobestari, Mekongga, HS1-28-1-5, dan Inpari 50. Adapun bahan lain yang digunakan yaitu kompos, pupuk urea, pupuk NPK Phonska, pupuk KCI, SP-36, dan fungisida.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu plastik cetik, cangkul, sekop, jaring, sabit, karung, pengukur kadar air benih (*Grain Moisture Tester*), meteran pita, meteran gulung, timbangan analitik, gunting, kamera, alat tulis-menulis, label, amplop sampel, serta *drone* untuk pengamatan pada umur 60 HST.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari proses seleksi galur padi pada kondisi populasi padat generasi M2. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan bersekat (*augmented design*) yang terdiri dari 3 blok. Setiap blok terdiri dari galur-galur mutan hasil seleksi pada generasi M2 sebanyak 87 galur.

Tabel 1. Galur-galur mutasi sebanyak 87 galur hasil seleksi pada generasi M2

G1	F1 200 (1) 131	G23	F1 200 (6) 99	G45	F1 200 (6) 103	G67	F1 200 (6) 1
G2	F1 200 (1) 22	G24	F1 200 (1) 150	G46	F1 200 (6) 78	G68	F1 200 (6) 65
G3	F1 200 (6) 19	G25	F1 200 (6) 13	G47	F1 200 (6) 62	G69	F1 200 (6) 14
G4	F1 200 (1) 21	G26	F1 200 (1) 9	G48	F1 200 (6) 82	G70	F1 400 (1) 6
G5	F1 200 (1) 76	G27	F1 200 (1) 2	G49	F1 200 (6) 143	G71	F1 400 (1) 60
G6	F1 200 (1) 31	G28	F1 200 (1) 93	G50	F1 200 (6) 79	G72	F1 200 (6) 11
G7	F1 200 (1) 13	G29	F1 400 (4) 35	G51	F1 200 (6) 123	G73	F1 200 (1) 3
G8	F1 200 (1) 94	G30	F1 200 (1) 176	G52	F1 200 (6) 184	G74	F1 400 (4) 161
G9	F1 200 (1) 26	G31	F1 200 (1) 169	G53	F1 200 (6) 75	G75	F1 200 (1) 170
G10	F1 400 (8) 79	G32	F1 400 (4) 5	G54	F1 400 (1) 56	G76	F1 200 (1) 133
G11	F1 200 (6) 126	G33	F1 200 (1) 78	G55	F1 200 (6) 135	G77	F1 400 (4) 135
G12	F1 200 (6) 15	G34	F1 200 (1) 112	G56	F1 200 (6) 31	G78	F1 400 (4) 158
G13	F1 200 (1) 78	G35	F1 200 (1) 175	G57	F1 400 (1) 143	G79	F1 400 (4) 111
G14	F1 200 (1) 20	G36	F1 200 (1) 116	G58	F1 200 (6) 56	G80	F1 400 (4) 131
G15	F1 200 (1) 91	G37	F1 200 (6) 4	G59	F1 200 (1) 29	G81	F1 400 (4) 184
G16	F1 200 (1) 1	G38	F1 200 (6) 15	G60	F1 200 (6) 93	G82	F1 200 (1) 23
G17	F1 200 (1) 5	G39	F1 200 (6) 36	G61	F1 400 (1) 83	G83	F1 200 (6) 22
G18	F1 200 (6) 9	G40	F1 200 (1) 6	G62	F1 400 (1) 191	G84	F1 200 (6) 161
G19	F1 200 (6) 64	G41	F1 400 (1) 115	G63	F1 200 (6) 7	G85	F1 200 (6) 112
G20	F1 400 (4) 106	G42	F1 200 (6) 24	G64	F1 200 (6) 135	G86	F1 200 (6) 149
G21	F1 200 (1) 79	G43	F1 200 (6) 102	G65	F1 200 (6) 57	G87	F1 400 (1) 106
G22	F1 200 (1) 168	G44	F1 200 (6) 97	G66	F1 200 (6) 154		

Setiap blok terdiri dari 6 varietas pembanding yaitu Inpari 13, Cakrabuana, Biobestari, Mekongga, HS1-28-1-5, dan Inpari 50. Varietas pembanding ditanam pada setiap blok sehingga terdapat total 18 satuan percobaan untuk varietas pembanding. Sistem tanam yang digunakan adalah sistem baris, dengan jarak antar benih 5 cm, panjang setiap baris 2 meter, dan jarak antar baris 30 cm.

2.4. Pelaksanaan Penelitian

2.4.1. Penyemaian dan Pengolahan Lahan

Penyemaian benih dilakukan dengan terlebih dahulu merendam benih dalam air menggunakan plastik cetik, kemudian disimpan di tempat gelap selama 2 × 24 jam. Setelah periode perendaman tersebut, benih yang telah berkecambah selanjutnya disemai hingga berumur 18 hari. Media tanam yang digunakan pada tahap penyemaian terdiri atas campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 2:1 agar mendukung pertumbuhan awal bibit secara optimal.

Pengolahan lahan penelitian diawali dengan pengairan lahan hingga mencapai ketinggian air kurang dari 10 cm untuk menjaga kelembapan tanah. Setelah itu dilakukan pembajakan pertama menggunakan *hand traktor* yang bertujuan untuk membalik tanah sekaligus menghancurkan sisa-sisa tanaman dari musim tanam sebelumnya. Tahap ini penting untuk memperbaiki struktur tanah dan mempersiapkan kondisi lahan sebelum proses pengolahan berikutnya.

Setelah pembajakan pertama, lahan dibiarkan selama dua minggu guna mempercepat proses dekomposisi bahan organik yang terdapat di dalam tanah. Selanjutnya dilakukan pembajakan kedua yang disertai proses pelumpuran agar tanah menjadi lebih halus dan homogen. Tahap akhir pengolahan lahan adalah penggaruan yang bertujuan untuk meratakan permukaan tanah sehingga siap digunakan untuk penanaman galur padi mutan M3.

2.4.2 Penanaman

Penanaman dilakukan setelah benih melalui tahap perendaman dan perkecambahan, kemudian benih dipindahkan ke lahan penelitian yang telah dipersiapkan sebelumnya. Pada penelitian ini metode penanaman yang digunakan adalah sistem tanam benih langsung atau tabela, sehingga benih yang telah berkecambah tidak melalui tahap pindah tanam seperti pada sistem persemaian konvensional. Benih yang telah berkecambah dipilih dengan kondisi yang baik agar mampu tumbuh optimal setelah ditanam di lahan.

Proses penanaman dilakukan dengan menanam langsung benih yang telah berkecambah pada barisan tanam yang telah ditentukan. Jarak antar benih dalam satu baris diatur sebesar 5 cm untuk memberikan ruang tumbuh yang cukup bagi setiap tanaman. Pengaturan jarak tanam yang relatif rapat ini dilakukan karena penelitian bertujuan untuk mengamati pertumbuhan dan karakter agronomis padi hasil mutasi pada kondisi populasi padat, sehingga kompetisi antar tanaman dapat terjadi secara alami.

Setiap baris tanaman dibuat dengan panjang 2 meter, sedangkan jarak antar baris ditetapkan sebesar 30 cm. Pengaturan jarak tanam ini bertujuan untuk memudahkan pemeliharaan tanaman, seperti penyiangan, pengamatan, dan

pengambilan data selama penelitian berlangsung. Selain itu, pola tanam tersebut juga membantu memastikan setiap tanaman tetap memperoleh cahaya, air, dan unsur hara yang cukup meskipun ditanam dalam kondisi populasi yang padat dengan sistem tabela.

2.4.1 Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan dalam penelitian ini mencakup penyiangan, pengairan, serta pengendalian hama dan penyakit. Penyiangan dilakukan secara mekanis dan kimiawi setelah tanaman berumur lebih dari 30 HST. Penyiangan mekanis dilakukan dengan mencabut gulma, sedangkan penyiangan kimia dilakukan dengan aplikasi fungisida menggunakan sprayer.

Pengairan dimulai pada 40 HST, yaitu sekitar 6 hari setelah pemupukan tahap awal dengan ketinggian air dijaga hingga mencapai ± 5 cm dari permukaan tanah. Saat pemupukan kedua, air dikeringkan hingga kondisi tanah macak-macak, dan pengairan dilanjutkan kembali 5 hari setelah pemupukan. Untuk mengurangi pembentukan anakan berlebih, ketinggian air ditingkatkan hingga mencapai ± 10 cm selama fase primordial.

Pemupukan dilakukan dalam dua tahap dengan komposisi pupuk NPK sebesar 120 kg N: 50 kg P_2O_5 : 60 kg K_2O per hektar. Tahap pertama dilakukan pada 14 HST dengan dosis $\frac{1}{4}$ dari total kebutuhan masing-masing unsur hara, sedangkan sisa dosis diberikan pada tahap kedua pada umur 35 HST. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara kimiawi sesuai dengan jenis organisme pengganggu yang menyerang pada fase pertumbuhan tanaman. Aplikasi pestisida dilakukan pada pagi hari melalui penyemprotan moluskisida atau penaburan langsung di area tanaman.

2.4.2 Pemanenan dan Pengambilan Data

Pemanenan dilakukan ketika $\frac{2}{3}$ bagian malai telah mencapai tahap matang fisiologis yang ditandai dengan perubahan warna jerami menjadi kuning dan bulir padi pada pangkal malai sudah mengeras. Waktu panen disesuaikan dengan tingkat kematangan masing-masing varietas. Proses pemanenan dilakukan secara manual menggunakan alat sabit, kemudian hasil panen dikumpulkan dalam karung. Selama kegiatan panen berlangsung, dilakukan pula pengambilan sampel tanaman untuk pengamatan, di mana bagian tanaman yang diamati dimasukkan ke dalam kantong sampel yang telah disiapkan.

2.5 Parameter Pengamatan

1. Tinggi Tanaman (cm): Diukur dari pangkal batang hingga ujung malai, dilakukan pada awal fase generatif.
2. Jumlah Anakan: Dihitung dengan menjumlahkan seluruh anakan yang terbentuk pada awal fase generatif.
3. Jumlah Anakan Produktif: Dihitung dengan menjumlahkan semua anakan yang menghasilkan malai pada awal fase generatif.
4. Panjang Daun Bendera (cm): Diukur dari pangkal hingga ujung daun bendera, dilakukan sebelum panen.
5. Umur Berbunga (HST): Dihitung jumlah hari sejak benih ditanam hingga tanaman mulai berbunga dalam setiap plot.

6. Umur Panen (HST): Dihitung jumlah hari sejak benih ditanam hingga waktu panen, ditandai dengan 80% tanaman telah menguning.
7. Panjang Malai (cm): Diukur dari pangkal hingga ujung malai, dilakukan setelah panen.
8. Jumlah Gabah per Malai (bulir): Dihitung dengan menjumlahkan semua bulir, baik yang berisi maupun hampa, dilakukan setelah panen.
9. Persentase Gabah Berisi (%): Dihitung menggunakan rumus:

$$\frac{\text{Jumlah Gabah Berisi}}{\text{Total Gabah}} \times 100\%$$
10. Persentase Gabah Hampa (%): Dihitung menggunakan rumus:

$$\frac{\text{Jumlah Gabah Hampa}}{\text{Total Gabah}} \times 100\%$$
11. Kepadatan Malai (bulir/cm): Dihitung berdasarkan perbandingan jumlah gabah per malai dengan panjang malai, dilakukan setelah panen.
12. Bobot 100 Bulir (g): Ditimbang dari 1000 bulir gabah berisi untuk setiap sampel galur dan varietas pembanding pada kadar air 14%.
13. Produksi per Rumpun (g): Ditimbang berdasarkan total berat gabah berisi dari setiap plot.

2.6 Analisis Data

2.6.1 Analisis Ragam

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) berdasarkan *augmented design* dengan bantuan perangkat lunak SAS 9.1, serta diuji lanjut menggunakan uji BNT $\alpha = 0.05$

Tabel 2. Sumber Keragaman dan Komponen Keragaman

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F.Hitung	F. 0.05
Ulangan	r-1	JKu	KTu	KTu/KTe	
Perlakuan	(g+c)-1	JKp	KTp	KTp/KTe	
Genotipe (G)	g-1	JKg	KTg	KTg/KTe	
Pembanding (C)	c-1	JKc	KTc	KTg/KTe	
G vs C	1	JK (c×g)	KT (c×g)	KTc×g/KTe	
Eror	(c-1)-(r-1)	JKe	KTe		
Total	(rc+g)-1	JKt			

Keterangan:

r = Ulangan dalam kontrol

c = Varietas pembanding

g = Galur

2.6.2 Ragam dan Analisis Heritabilitas

Uji pendugaan nilai ragam berdasarkan nilai E(KT) adalah sebagai berikut:

1. Ragam Lingkungan $\sigma^2_e = KT_e / r$
2. Ragam Genotipe $\sigma^2_g = (KT_g - KT_e) / r$
3. Ragam Fenotipe $\sigma^2_p = \sigma^2_g + \sigma^2_e$

Heritabilitas mengukur proporsi variasi fenotipik yang disebabkan oleh faktor genetik dan menentukan sejauh mana sifat tersebut dapat diwariskan. Nilai heritabilitas dapat dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \times 100\%$$

Keterangan:

H² = Heritabilitas

σ^2_g = Ragam genotipe

σ^2_p = Ragam fenotipe

Selanjutnya kriteria nilai heritabilitas, ditentukan dengan kategori sebagai berikut: $h^2 > 50\%$: heritabilitas tinggi $20\% \leq h^2 \leq 50\%$: heritabilitas sedang $h^2 < 20\%$: heritabilitas rendah.

2.6.3 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{N\sum XY^2 - (\sum X^2)(N\sum Y^2 - (\sum Y^2))}}$$

Keterangan: r = Koefisien korelasi Pearson

N	= Banyak pasangan nilai X dan Y
$\sum XY$	= Jumlah dari hasil kali nilai X dan nilai Y
$\sum X$	= Jumlah nilai X
$\sum Y$	= Jumlah nilai Y
$\sum X^2$	= Jumlah dari kuadrat nilai X
$\sum Y^2$	= Jumlah dari kuadrat nilai Y

2.6.4 Analisis Sidik Lintas

Analisis sidik lintas digunakan untuk memisahkan hubungan korelasi antar karakter menjadi pengaruh langsung dan pengaruh tidak langsung terhadap variabel hasil, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih jelas dalam menentukan karakter yang layak dijadikan dasar seleksi. Selanjutnya, analisis sidik lintas disusun berdasarkan model persamaan simultan sebagaimana dikemukakan oleh Singh dan Chaudhary (2010), menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1p} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{p1} & R_{p2} & \dots & R_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ R_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{1y} \\ C_{2y} \\ \dots \\ R_{py} \end{bmatrix}$$

$R_x \qquad \qquad C \qquad R_y$

Berdasarkan persamaan tersebut, besarnya koefisien C yang menunjukkan pengaruh langsung dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C = R_x^{-1} R_y$$

Keterangan:

R_x = Matriks korelasi antar peubah bebas

R_x^{-1} = Invers dari matriks R_x

C = Vektor koefisien lintas yang menyatakan pengaruh langsung peubah bebas terhadap peubah tak bebas

R_y = Vektor korelasi antara masing-masing peubah bebas dengan peubah tak Bebas

2.6.5 Indeks Seleksi

Indeks seleksi dihitung menggunakan rumus:

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n$$

Keterangan:

I = Nilai indeks seleksi

X_i = Nilai fenotipe dari karakter ke-i

b_i = Bobot seleksi (koefisien untuk karakter ke-i)