

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung merupakan salah satu komoditas utama yang memiliki peran penting dalam sektor ketahanan pangan dan perekonomian nasional di Indonesia (Amin, 2022). Komoditas ini menempati posisi sebagai penyedia karbohidrat terbesar kedua setelah padi (Wati et al., 2024). Pemanfaatan jagung di dalam negeri tidak terbatas sebagai bahan pangan, tetapi juga dimanfaatkan untuk pakan ternak dan berbagai kebutuhan industri, seperti pengolahan minyak, tepung, serta produk makanan dan minuman (Albana dan Resti, 2024). Menurut USDA Foreign Agricultural Service (2024), konsumsi jagung untuk pakan di Indonesia pada periode 2023/2024 diperkirakan mencapai sekitar 8,6 juta ton, dan diprediksi mengalami peningkatan sampai 9 juta ton pada tahun 2024/2025, seiring dengan bertambahnya permintaan dari industri peternakan unggas dan pakan komersial.

Tingginya konsumsi dan permintaan domestik khususnya untuk pakan ternak, menuntut ketersediaan jagung nasional yang mencukupi. Data Badan Pusat Statistik (2024) menunjukkan bahwa produksi pipilan kering jagung pakan dengan kadar air 14% secara nasional mengalami fluktuasi selama periode 2020 hingga 2024. Pada tahun 2020, produksi jagung tercatat sebesar 12,93 juta ton, mengalami peningkatan menjadi 13,41 juta ton di tahun 2021, dan kembali naik hingga 16,53 juta ton pada tahun 2022. Namun, pada tahun 2023 terjadi penurunan produksi menjadi 14,77 juta ton. Memasuki tahun 2024, produksi jagung nasional meningkat lagi menjadi 15,14 juta ton, mengalami peningkatan sebesar 364,48 ribu ton atau sekitar 2,47% dibandingkan tahun sebelumnya. Di sisi lain, pada tahun 2023 hingga 2024, diprediksi konsumsi jagung untuk pakan ternak di Indonesia akan terus meningkat dengan rata-rata peningkatan 7,32% per tahun (Arifin, 2024). Produksi jagung yang berfluktuasi serta kebutuhan nasional yang akan terus mengalami peningkatan menuntut peningkatan produksi jagung nasional.

Salah satu pendekatan untuk meningkatkan produksi jagung nasional adalah melalui penggunaan varietas hibrida. Varietas hibrida memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan varietas bersari bebas, umur panen yang lebih singkat, serta ketahanan yang lebih baik terhadap serangan hama dan penyakit. Selain itu, jagung hibrida juga memiliki potensi hasil yang dapat mencapai 8–12 ton per hektar (Bayahio et al., 2024). Pembentukan varietas jagung hibrida dilakukan melalui persilangan galur inbrida dengan daya gabung yang baik. Salah satu pendekatan dalam menghasilkan galur potensial adalah melalui teknik *multiple cross*. Teknik *multiple cross* dapat menghasilkan keragaman tinggi dalam proses pemuliaan (Nur et al. 2021). Namun, tidak semua galur dapat digunakan sebagai tetua persilangan. Galur yang akan digunakan sebagai tetua persilangan harus memiliki karakter agronomis yang potensial, meliputi sifat pertumbuhan, hasil, dan komponen hasil.

Penampilan agronomis dari satu galur dapat diketahui dari kegiatan evaluasi dan karakterisasi di lapangan (Rizki, 2024).

Di sisi lain produksi benih jagung hibrida di Indonesia masih menghadapi kendala teknis. Kegiatan perbanyak benih hibrida dilakukan dengan menanam tanaman dengan perbandingan barisan 4:1, yang dalam pelaksanaannya masih dilakukan *detaselling* atau pembuangan bunga jantan pada tanaman betina untuk menghindari penyerbukan sendiri (Syamsi dan Idan, 2019). Namun, proses tersebut tidak hanya memakan waktu, memerlukan tenaga kerja yang intensif, dan mahal, tetapi juga merugikan pertumbuhan tanaman, sehingga mengurangi hasil benih hibrida (Wan et al. 2019). Upaya yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan kendala tersebut adalah memanfaatkan galur mandul jantan pada tanaman tetua betina dalam produksi benih hibrida (Sari, 2018). Penggunaan galur mandul jantan terbukti efektif menekan kebutuhan tenaga kerja dan mempersingkat durasi pekerjaan *detasseling*, sehingga biaya produksi dapat diminimalkan (Syukur et al., 2015).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi penggunaan galur mandul jantan dalam produksi benih hibrida. Penelitian terbaru oleh Farid et al. (2023), mengidentifikasi beberapa genotipe mandul jantan berdasarkan tingkat sterilitas polen dan keragaman genetik, di mana genotipe JHD14 menunjukkan sterilitas sempurna (100%) dan berpotensi digunakan sebagai sumber galur mandul jantan yang stabil. Namun, penelitian tersebut belum mengevaluasi potensi galur hasil persilangan *multiple cross* yang dapat digunakan sebagai tetua persilangan dengan galur mandul jantan. Padahal, informasi mengenai keragaan agronomis dan potensi produksi dari galur hasil persilangan *multiple cross* sangat penting untuk menentukan galur potensial yang kompatibel dan berdaya hasil tinggi dalam perakitan hibrida menggunakan mandul jantan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai evaluasi dan karakterisasi galur jagung hasil persilangan *multiple cross* dan potensi persilangannya dengan galur mandul jantan yang dapat mendukung pengembangan varietas jagung hibrida unggul yang efisien dan berproduktivitas tinggi.

Berdasarkan penjelasan di atas maka diperlukan evaluasi dan karakterisasi galur jagung hasil persilangan *multiple cross* dan potensi persilangannya dengan galur mandul jantan. Informasi yang dihasilkan akan menjadi dasar penting dalam pengembangan varietas jagung hibrida.

1.2. Landasan Teori

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan komoditas yang memegang peran strategis dalam pembangunan sektor pertanian nasional. Di Indonesia, jagung tidak hanya digunakan sebagai sumber pangan pengganti beras, tetapi juga menjadi komponen penting dalam industri pakan ternak dan berbagai sektor industri lainnya, serta dapat diolah menjadi beragam produk bernilai ekonomi tinggi (Yeni, 2023). Di tingkat internasional, jagung menjadi komoditas yang memiliki pangsa pasar yang luas, dengan permintaan yang terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dan industri (Makuta et al., 2025). Dalam rangka memenuhi permintaan yang semakin besar,

perlu dilakukan langkah-langkah peningkatan produksi jagung secara nasional, salah satunya melalui penggunaan varietas hibrida.

Perakitan varietas hibrida diperoleh dengan melakukan hibridisasi antara dua atau lebih galur inbrida dengan latar belakang genetik berbeda. Hasil persilangan tersebut kemudian memperlihatkan efek heterosis, yaitu kondisi ketika keturunan F1 menunjukkan penampilan yang lebih unggul dibandingkan dengan rerata kedua tetuanya dalam berbagai sifat agronomis, seperti pertumbuhan lebih cepat, tongkol lebih besar, dan hasil lebih tinggi. Efek heterosis merupakan hasil dari interaksi dan akumulasi gen-gen dominan superior dalam tanaman F1 yang diperoleh melalui persilangan dua tetua yang berbeda. Ketika dua individu homozigot disilangkan, ekspresi sifat yang tidak menguntungkan dapat ditekan, sementara gen-gen dominan dengan sifat unggul terakumulasi dan memunculkan respon heterosis. Hibrida dikembangkan melalui persilangan dua inbrida unggul, sehingga penyediaan inbrida unggul menjadi langkah utama dalam pengembangan hibrida. Secara umum, varietas hibrida menghasilkan produktivitas yang lebih baik dibanding varietas bersari bebas (*open pollinated*) karena mengintegrasikan gen-gen dominan penting dari tetua serta memanfaatkan pengaruh genetik aditif dan nonaditif (Safitri, 2022).

Dalam program pemuliaan, persilangan dapat diterapkan melalui berbagai metode, salah satunya dengan teknik *multiple cross*. Metode ini melibatkan lebih dari dua galur inbrida sehingga menghasilkan kombinasi genetik yang lebih kompleks dibandingkan *single cross*. *Multiple cross* memiliki keunggulan dalam memperluas keragaman genetik populasi, meningkatkan peluang terbentuknya heterosis, serta menggabungkan berbagai karakter unggul yang dikendalikan oleh gen monogenik maupun poligenik dalam satu genotipe (Sumalini et al., 2018).

Salah satu metode yang dapat meningkatkan efisiensi dalam perakitan hibrida adalah penggunaan galur mandul jantan. Mandul jantan adalah kondisi di mana bagian reproduksi jantan pada tumbuhan tidak ada, gagal berkembang, atau tidak berfungsi, sehingga tidak dapat berpartisipasi dalam proses reproduksi seksual alami. Kondisi ini dapat terjadi akibat kelainan perkembangan pada tahap manapun dalam proses mikrosporogenesis atau pelepasan butir serbuk sari (Bahadur et al. 2015). Dengan demikian, gangguan dalam proses reproduksi dapat berakibat pada terjadinya kemandulan. Contohnya, benang sari atau putik mengalami kelainan, polen tidak berkembang dengan baik, atau sel telur gagal terbentuk. Kemandulan pada tumbuhan didefinisikan sebagai kondisi ketika polen tidak terbentuk atau tidak berfungsi. Pada tumbuhan, kondisi ini dapat muncul akibat ketidakseimbangan antara nukleus dan sitoplasma sebagai dampak dari persilangan antarspesies yang berbeda. Ketidakseimbangan tersebut biasanya dapat dipulihkan pada generasi berikutnya melalui mutasi yang menghasilkan alel pemulih (Syukur et al., 2015).

Salah satu tipe mandul jantan yang paling umum digunakan dalam program pemuliaan tanaman adalah mandul jantan sitoplasmik (*Cytoplasmic Male Sterility/CMS*). Tipe mandul jantan sitoplasmik merupakan sifat yang diwariskan secara maternal dan banyak ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi, ditandai oleh terbentuknya malai atau bunga jantan yang abnormal sehingga tidak mampu menghasilkan serbuk sari yang viabel, sementara bagian bunga betina tetap normal

dan mampu membentuk biji. Genom mitokondria diketahui berperan sebagai pembawa faktor sterilitas sitoplasmik dalam CMS, dan seluruh gen penyebab sterilitas CMS yang telah dilaporkan berada di dalam genom mitokondria. CMS umumnya muncul akibat rekombinasi genom mitokondria serta integrasi DNA asing yang membentuk gen chimera tertentu, yang kemudian mengganggu fungsi normal organel dan perkembangan serbuk sari sehingga menyebabkan ketidaksurutan jantan (Zheng et al., 2024).

Evaluasi dan karakterisasi galur merupakan tahap krusial dalam pemuliaan tanaman untuk menilai performa agronomis serta kesesuaian suatu galur sebagai calon tetua hibrida. Evaluasi dan karakterisasi galur merupakan tahap penting dalam pemuliaan tanaman. Evaluasi dilakukan untuk menilai performa agronomi suatu galur, meliputi karakter pertumbuhan, produktivitas, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit. Evaluasi dilakukan dengan menilai performa tanaman terhadap sifat-sifat yang menjadi tujuan pemuliaan, seperti produktivitas, ketahanan terhadap penyakit, dan mutu hasil (Efendi et al. 2018). Sementara itu, karakterisasi bertujuan mendeskripsikan karakter tanaman secara rinci sehingga diperoleh informasi yang diperlukan untuk menentukan kelayakannya sebagai calon varietas. Langkah tersebut merupakan bagian krusial dalam program pemuliaan jagung yang harus diselesaikan sebelum varietas dilepas. Melalui karakterisasi, dapat diidentifikasi genotipe yang menunjukkan potensi produksi lebih tinggi (Nurkholizah et al., 2021).

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh satu atau beberapa genotipe jagung hasil persilangan *multiple cross* yang memiliki potensi produksi tinggi.
2. Mengidentifikasi karakter kualitatif dan karakter kuantitatif 20 galur jagung hasil persilangan *multiple cross*.
3. Memperoleh perbedaan karakter agronomis antara tongkol hasil silangan galur mandul jantan JHD 14 dan JHD 15.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi dasar mengenai karakter agronomis galur jagung hasil persilangan *multiple cross* serta potensi persilangannya dengan galur mandul jantan yang berpotensi untuk dijadikan tetua dalam perakitan jagung hibrida serta sebagai bahan bacaan dan pembelajaran bagi mahasiswa yang hendak melakukan penelitian tentang mandul jantan.

1.4. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang maka dapat dirumuskan hipotesis yaitu sebagai berikut:

1. Terdapat satu atau lebih genotipe jagung hasil persilangan *multiple cross* yang memiliki potensi hasil tinggi.
2. Terdapat perbedaan karakter kualitatif dan kuantitatif pada 20 galur jagung hasil persilangan *multiple cross*.
3. Terdapat perbedaan karakter agronomis antara tongkol hasil silangan galur mandul jantan JHD 14 dan JHD 15.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di lahan Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Serealia (BRMP) Maros, Jalan Dr. Ratulangi No. 274 Allepolea, Kecamatan Lau, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan dengan titik koordinat 4°59'09.0"S 119°34'34.6"E. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni sampai September 2025.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 galur mandul jantan (JHD 14 dan JHD 15), 20 galur hasil silang tunggal, silang ganda, *convergent breeding*, dan *multiple cross* yang telah dilakukan *selfing* hingga generasi ke-delapan, kompos, ajir, papan perlakuan, herbisida (roundup 486 SL, gramoxone 276 SL, atraz 600 SC, besmor ultra, aleron 60 SC), insektisida (meurtieur 30 EC, vayego 200 SC, dan sevin 85 SP), fungisida saromyl 35 SD, rodentisida (petrokum 0,005 BB, dan kovinplus 80 P), air, pupuk urea 46%, pupuk NPK phonska (15:10:12), pupuk SP-36, plastik bening 15 × 30 cm, amplop ukuran A4, karung, kantong plastik, dan plastik cetik.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu traktor, mesin pemotong rumput, klip tembak, gunting, cangkul, meteran, *sprayer*, jangka sorong, timbangan, tugal, wadah jeli, penggaris, mesin pompa air, klip, kamera digital, Chlorophyll Content Meter 200+ (CCM), Soil Plant Analysis Development (SPAD), dan alat tulis menulis.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu faktor yaitu genotipe, dimana faktor tersebut merupakan 20 galur inbrida hasil persilangan *multiple cross*. Setiap ulangan terdiri dari 20 petak, sehingga terdapat 60 petak percobaan.

Setiap petakan galur terdiri dari 4 baris dengan populasi 10 tanaman perbaris sehingga terdapat 40 tanaman perpetak sedangkan setiap petak galur mandul jantan terdiri dari 20 baris dengan populasi 40 tanaman per baris sehingga terdapat 800 tanaman per petak. Jumlah sampel yang digunakan pada penelitian sebanyak 5 sampel tanaman untuk galur dan 4 sampel untuk tongkol hasil persilangan. Galur yang ditanam di pinggir akan menjadi tetua jantan dan disilangkan dengan galur mandul jantan sebagai tetua betina dengan setiap kombinasi terdiri minimal 10 silangan, dan tanaman lainnya akan dibiarkan mengalami penyerbukan terbuka (*open pollinated*).

2.4. Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Persiapan lahan

Persiapan lahan tahap awal dilakukan dengan memotong rumput dan membersihkan gulma dengan cara penyemprotan menggunakan herbisida roundup 486 SL, kemudian dilakukan olah tanah sempurna menggunakan traktor. Setelah itu, dibuat 2 petakan galur mandul jantan dengan ukuran 16 x 8 m setiap petakan sedangkan petakan galur hasil persilangan *multiple cross* berukuran 3,2 x 2 m sebanyak 60 petakan dengan jarak 1 m antar petak.

2.4.2 Persiapan benih

Persiapan benih dilakukan dengan memasukkan benih kedalam plastik cetik sebanyak 100 benih yang telah diberikan kode galur pada tiap plastik cetiknya. Kemudian, diberikan perlakuan fungisida yakni saromyl agar benih tidak rusak akibat serangan jamur dan insektisida sevin agar benih tidak dirusak oleh hama.

2.4.3 Penanaman

Penanaman dilakukan dengan membuat lubang menggunakan tugal sedalam 3–5 cm dari permukaan tanah dengan jarak tanam 70 cm antar barisan dan 20 cm dalam barisan. Tiap baris berisi 10 lubang tanam, dengan dua benih dimasukkan pada setiap lubang. Benih yang tersisa ditanam pada area antarbaris sebagai tanaman sulaman. Setelah benih ditanam, lubang ditutup kembali menggunakan kompos.

2.4.4 Pemupukan

Pemupukan dilakukan sebanyak dua kali selama satu periode pertumbuhan. Jenis pupuk yang diaplikasikan adalah NPK Phonska (15:10:12) dengan dosis 300 kg/ha, urea 46% sebanyak 200 kg/ha, dan SP-36 100 kg/ha. Pemberian pupuk pertama dilakukan pada 13 hst dan pemupukan berikutnya diberikan pada 34 hst.

2.4.5 Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan meliputi pengairan, penyulaman, penjarangan, pengendalian gulma, serta pengendalian hama dan penyakit. Pengairan dilakukan sesuai kondisi cuaca, yaitu ketika tanah mulai menunjukkan tanda-tanda kekeringan, penyulaman dilakukan ketika terdapat benih yang tidak tumbuh pada lubang tanam, penjarangan dilakukan ketika terdapat dua benih yang tumbuh pada satu lubang sehingga pertumbuhan dapat dimaksimalkan dengan hanya satu tanaman yang dipertahankan, pengendalian gulma dilakukan jika telah banyak tumbuh disekitar pertanaman dengan cara penyemprotan herbisida selektif,

dan terakhir penanganan hama dan penyakit dengan menyemprotkan pestisida sesuai dengan jenis hama atau penyakit yang ada dipertanaman.

2.4.6 Persilangan

Persiapan awal persilangan dilakukan pada saat bunga jantan (malai) keluar dan kotak sari sudah pecah, malai akan ditutup dengan pembungkus secara rapat untuk menampung serbuk sarinya. Bunga betina yang belum keluar rambut-rambutnya kemudian ditutup dengan plastik sungkup. Setelah itu, serbuk sari diambil dari bunga jantan kemudian diletakkan pada rambut tongkol. Setelah diserbuki, bunga betina kemudian disungkup kembali dan diberikan label persilangan.

2.4.7 Pemanenan

Pemanenan dilakukan 110 hst ketika tanaman jagung mencapai kematangan fisiologis, yang ditandai dengan kelobot berwarna kuning kecoklatan, biji keras dan mengkilap, jika ditekan menggunakan ibu jari maka tidak menimbulkan bekas tekanan pada biji tersebut, serta telah terbentuk lapisan hitam pada biji jagung.

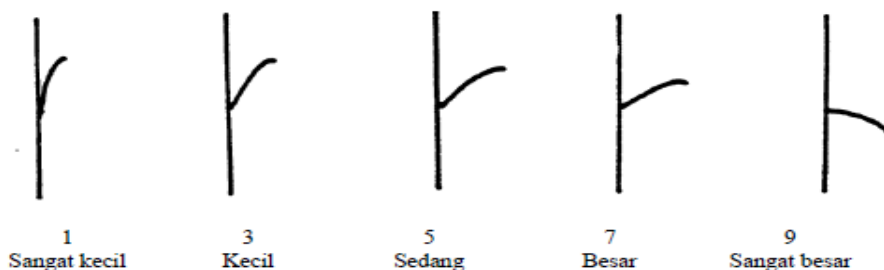
2.5. Pengamatan dan Pengukuran

2.5.1 Pengamatan dan Pengukuran Karakter Kualitatif Galur

Pengamatan dan pengukuran dilakukan berdasarkan buku panduan pelaksanaan uji (PPU) keunikan, keseragaman, dan kestabilan (2014). Data sifat kualitatif dianalisis secara deskriptif melalui skoring berdasarkan modus, di mana nilai skor genotipe ditentukan berdasarkan kategori yang paling sering muncul dari hasil pengamatan lima sampel tanaman.

1. Sudut diantara helai daun dan batang

Pengamatan dilakukan dengan mengamati sudut daun yang berada di tongkol paling atas dengan menggunakan busur derajat.



Gambar 1. Sudut diantara helai daun dan batang dan skor yang diberikan
Kisaran rata-rata sudut diantara helai daun dan batang (°):

Sangat kecil	: < 5	Besar	: 55,1 - 65
Kecil	: 15,1 - 25	Sangat besar	: > 75
Sedang	: 35,1 - 45		

2. Intensitas warna antosianin pada rambut tongkol



1	3	5	7	9
Tidak ada atau sangat lemah	lemah <i>weak</i>	sedang <i>medium</i>	kuat <i>strong</i>	Sangat kuat <i>Very strong</i>
<i>Absent or very weak</i>				

Gambar 2. Intensitas warna antosianin pada rambut tongkol dan skor yang diberikan

3. Intensitas warna antosianin pada dasar sekam malai



1	3	5	7
Tidak ada atau sangat lemah	lemah <i>weak</i>	sedang <i>medium</i>	kuat <i>strong</i>
<i>Absent or very weak</i>			

Gambar 3. Intensitas warna antosianin pada dasar sekam malai dan skor yang diberikan

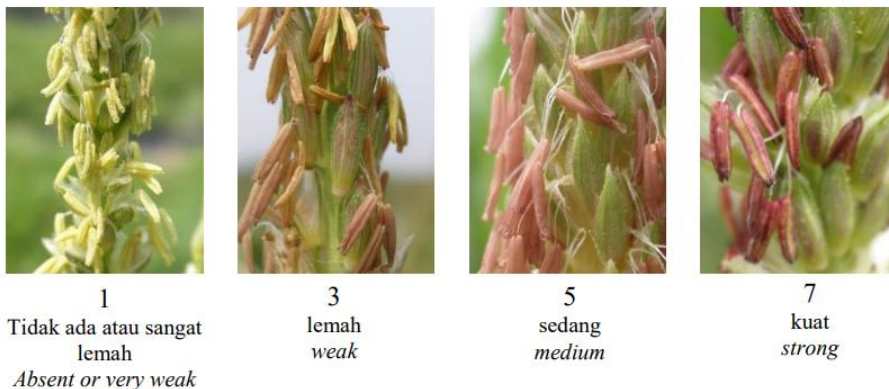
4. Intensitas warna antosianin tidak termasuk dasar sekam malai



1	3	5	7
Tidak ada atau sangat lemah	lemah <i>weak</i>	sedang <i>medium</i>	kuat <i>strong</i>
<i>Absent or very weak</i>			

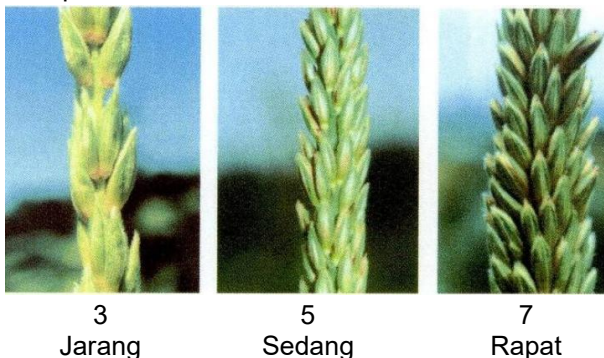
Gambar 4. Intensitas warna antosianin tidak termasuk dasar sekam malai dan skor yang diberikan

5. Intensitas warna antosianin pada kepala sari yang masih segar
Pengamatan intensitas warna antosianin pada kepala sari segar dilakukan pada sepertiga bagian poros utama saat kepala sari masih dalam kondisi segar.



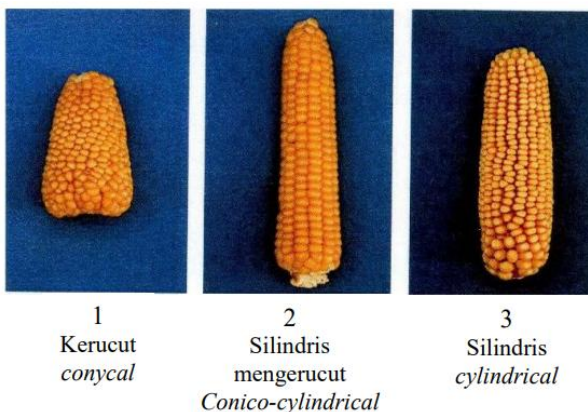
Gambar 5. Intensitas warna antosianin pada kepala sari yang masih segar dan skor yang diberikan

6. Kerapatan bulir malai



Gambar 6. Kerapatan bulir malai dan skor yang diberikan

7. Bentuk tongkol



Gambar 7. Bentuk tongkol dan skor yang diberikan

8. Tipe biji

Pengamatan tipe biji dilakukan pada sepertiga tengah tongkol.

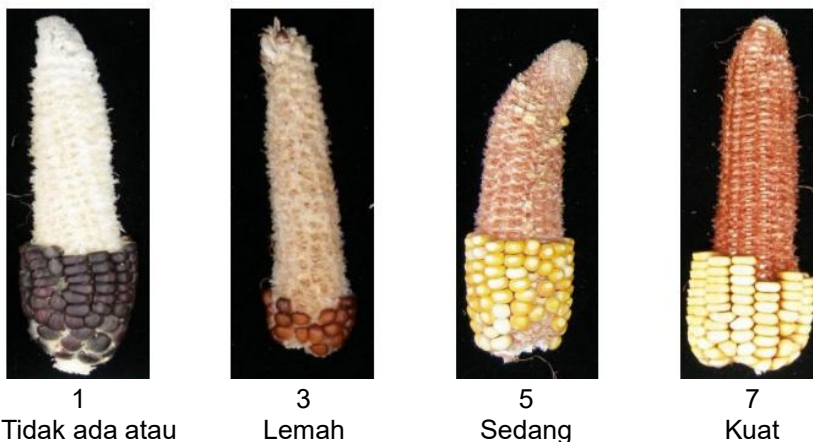


1 Mutiara 2 Seperti mutiara 3 Intermediet 4 Seperti gigi 5 Gigi 6 Manis 7 Brondong

Gambar 8. Tipe biji dan skor yang diberikan

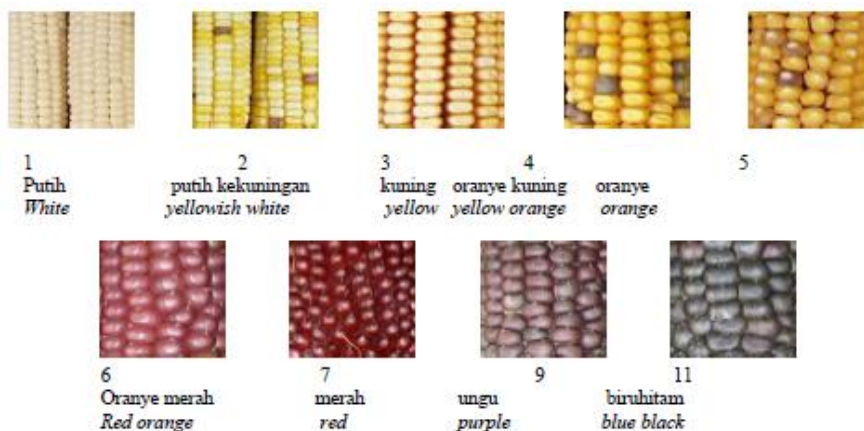
- Mutiara** : Endosperm keras dengan lapisan tebal pada mahkota, biji berbentuk bulat dan umumnya berukuran lebih besar dibandingkan tipe brondong.
- Seperti mutiara** : Endosperm keras dengan lapisan sedang pada mahkota, biji tetap bulat namun tingkat kekerasannya sedikit lebih rendah daripada tipe mutiara.
- Intermediet** : Endosperm keras berlapis tipis pada mahkota, mahkota tampak agak melekuk sebagai bentuk transisi antara tipe mutiara dan gigi.
- Seperti gigi** : Endosperm lunak pada mahkota sehingga mahkota tampak melekuk, dengan lapisan sedang endosperm keras pada bagian bawah atau sisi biji.
- Gigi** : Endosperm lunak mendominasi pada bagian mahkota yang menyebabkan lekukan yang dalam, endosperm keras hanya membentuk lapisan tipis pada bagian bawah biji.
- Manis** : Endosperm bening dengan kandungan pati sangat rendah, sehingga biji tampak mengeriput ketika kering.
- Brondong** : Endosperm keras mendominasi, berbentuk tipe beras (lancip) atau tipe mutiara (bulat), dengan lapisan endosperm keras sangat tebal pada mahkota, dan ukuran biji kecil.

9. Intensitas warna antosianin pada kelopak janggél



Gambar 9. Intensitas warna antosianin pada kelopak janggél dan skor yang diberikan

10. Warna utama permukaan biji



Gambar 10. Warna utama permukaan biji dan skor yang diberikan

2.5.2 Pengamatan dan Pengukuran Karakter Kuantitatif Galur

1. Tinggi tanaman (cm)
Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada umur 82 hst dengan cara mengukur bagian tanaman dari permukaan tanah hingga titik pangkal malai.
2. Tinggi letak tongkol (cm)
Pengamatan tinggi letak tongkol diamati pada umur 82 hst dengan mengukur jarak dari permukaan tanah sampai ruas tempat tongkol muncul. Jika tanaman memiliki lebih dari satu tongkol, maka tongkol teratas digunakan sebagai sampel.

3. Diameter batang (mm)
Diameter batang diamati pada umur 82 hst dan diukur menggunakan jangka sorong pada bagian batang yang berada sekitar 5 cm di atas permukaan tanah.
4. Jumlah daun (helai)
Jumlah daun dihitung pada umur 82 hst ketika daun sudah membuka sempurna.
5. Umur berbunga jantan (hst)
Umur berbunga jantan diamati saat bunga jantan pada tiap populasi tanaman telah berbunga 50%, pembungaan ditandai ketika polen telah pecah.
6. Umur berbunga betina (hst)
Umur berbunga betina diamati saat bunga betina pada tiap populasi tanaman telah berbunga 50%, pembungaan ditandai ketika rambut tongkol telah keluar.
7. *Anthesis silking interval (ASI)* (hari)
Anthesis silking interval diukur dengan menghitung selisih antara umur berbunga betina dan jantan.
8. Bobot tongkol kupasan (g)
Bobot tongkol kupasan diukur dengan menimbang sampel tongkol hasil panen setelah kelobot dilepas. Data ini digunakan untuk menghitung hasil per petak.
9. Diameter tongkol (mm)
Diameter tongkol diukur setelah tongkol dilepas dari kelobotnya, kemudian tongkol diukur dengan jangka sorong pada bagian tengah tongkol.
10. Panjang tongkol (cm)
Panjang tongkol diamati menggunakan mistar setelah tongkol dikupas dari kelobotnya dan diukur mulai dari pangkal hingga ujung tongkol.
11. Panjang tongkol berbiji (cm)
Panjang tongkol berbiji diamati menggunakan mistar setelah tongkol dikupas dari kelobotnya dan diukur pada pangkal hingga ujung tongkol yang terisi biji.
12. Jumlah baris biji per tongkol (baris)
Jumlah baris dihitung berdasarkan banyaknya baris biji yang tersusun secara melingkar pada tongkol.
13. Jumlah biji per baris (biji)
Jumlah biji per baris dihitung dari biji yang terisi penuh pada setiap baris dalam satu tongkol.
14. Bobot 1000 biji (g)
Bobot 1000 biji diukur dengan menimbang 1000 biji hasil pipilan kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik.

15. Rendemen biji (%)

Rendemen biji dihitung dengan menimbang tongkol kupasan basah, kemudian dipipil untuk memisahkan biji dan tongkol. Setelah itu, rendemen dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{bobot biji per tongkol}}{\text{bobot tongkol kupasan}} \times 100\%$$

16. Bobot biji per tongkol (g)

Bobot biji per tongkol diperoleh menggunakan timbangan analitik dengan menimbang seluruh biji hasil pemipilan.

17. Produktivitas (ton/ha)

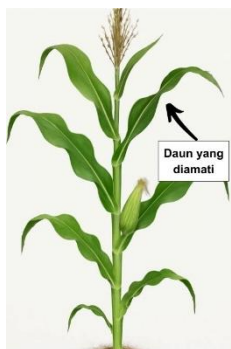
Produktivitas diperoleh menggunakan rumus:

$$\text{hasil} \left(\frac{\text{ton}}{\text{ha}} \right) = \frac{10000}{\text{luas petak}} \times \frac{100 - \text{KA}}{100 - 15} \times B \times R$$

Keterangan: B = Bobot Tongkol Kupasan; dan R = Rendemen Biji

18. Indeks Klorofil menggunakan CCM dan SPAD

Indeks klorofil diamati pada daun ketiga dari atas tanaman menggunakan CCM-200 plus dan SPAD saat tanaman berumur 68 HST.



Gambar 11. Ilustrasi daun yang diamati dalam pengamatan indeks klorofil menggunakan CCM dan SPAD.

19. Pengamatan Indeks Vegetasi

Pengamatan indeks vegetasi menggunakan drone. Drone dilakukan sebanyak satu kali pada fase generativ saat tanaman berumur 68 hst. Indikator yang digunakan untuk menilai indeks pertanaman jagung yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), yaitu indikator tingkat kehijauan tanaman yang dihitung dari kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (*Near-Infrared Radiation*).

Perhitungan NDVI dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IMD} - \text{M}}{\text{IMD} + \text{M}}$$

Keterangan: M = Merah; dan IMD = Infrared dekat

2.5.2 Pengamatan dan Pengukuran Karakter Kuantitatif Tongkol Hasil Silangan

1. Persentase persilangan (%)
Persentase hasil persilangan antara galur mandul jantan sebagai tetua betina dan galur *multiple cross* sebagai tetua jantan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Persentase persilangan (\%)} = \frac{\text{tongkol berisi penuh}}{\text{jumlah silangan}} \times 100\%$$

2. Panjang tongkol berbiji (cm)
Panjang tongkol berbiji diamati menggunakan mistar setelah tongkol dikupas dari kelobotnya dan diukur pada pangkal hingga ujung tongkol yang terisi biji.
3. Jumlah baris biji per tongkol (baris)
Jumlah baris dihitung berdasarkan banyaknya baris biji yang tersusun secara melingkar pada tongkol.
4. Jumlah biji per baris (biji)
Jumlah biji per baris dihitung dari biji yang terisi penuh pada setiap baris dalam satu tongkol.
5. Diameter tongkol (mm)
Diameter tongkol diukur setelah tongkol dilepas dari kelobotnya, kemudian tongkol diukur dengan jangka sorong pada bagian tengah tongkol.
6. Bobot tongkol kupasan (g)
Bobot tongkol kupasan diukur dengan menimbang bobot tongkol hasil panen setelah kelobot dibuka untuk setiap perlakuan. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung hasil per petak.
7. Bobot 1000 biji (g)
Bobot 1000 biji diukur dengan menimbang 1000 biji hasil pipilan kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik.
8. Bobot biji per tongkol (g)
Bobot biji per tongkol diperoleh menggunakan timbangan analitik dengan menimbang seluruh biji hasil pemipilan.
9. Rendemen biji (%)
Rendemen biji dihitung dengan menimbang tongkol kupasan basah, kemudian dipipil untuk memisahkan biji dan tongkol. Setelah itu, rendemen dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{bobot biji per tongkol}}{\text{bobot tongkol kupasan}} \times 100\%$$

2.6 Analisis Data

2.6.1 Analisis Of Varians (ANOVA)

Data hasil pengamatan karakter kuantitatif galur yang telah diperoleh selanjutnya diolah menggunakan analisis ragam sesuai Rancangan Acak Kelompok (RAK). Data dianalisis dengan bantuan *software* STAR dan Microsoft Excel, jika didapatkan hasil nyata atau sangat nyata pada sumber keragaman genotipe maka dilanjutkan dengan analisis menggunakan uji DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

Tabel 1. Analisis ragam rancangan acak kelompok

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadran (JK)	Kuadran Tengah (KT)	Taksiran Kuadran Tengah (TKT)
Ulangan	r-1	JKr	KTr	$\sigma^2e + g\sigma^2r$
Genotipe	g-1	JKg	KTg	$\sigma^2e + r\sigma^2g$
Galat	(g-1)(r-1)	JKe	KTe	σ^2e

r = Ulangan, g = Genotipe, e = Galat

2.6.2 Analisis Heritabilitas

Nilai heritabilitas ditentukan berdasarkan rumus yang digunakan oleh Syukur et al. (2015), dengan formulasi sebagai berikut:

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

Kemudian dilakukan klasifikasi nilai heritabilitas berdasarkan kategori berikut:

- $H^2 > 50\%$: heritabilitas tinggi
 $20\% \leq H^2 \leq 50\%$: heritabilitas sedang
 $H^2 < 20\%$: heritabilitas rendah

Perhitungan nilai ragam yang didasarkan pada kuadrat tengah dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Ragam Lingkungan : $\sigma_e^2 = Kt_e / r$
2. Ragam Genotipe : $\sigma_g^2 = \frac{Kt_g - Kt_e}{r}$
3. Ragam Fenotipe : $\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$

2.6.3 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dihitung menggunakan rumus Pearson Product Moment, dengan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{\sqrt{\sum xy} - (\sum x \times \sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \times \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

keterangan:

- r_{xy} = koefisien korelasi pearson
n = banyak pasangan nilai X dan nilai 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

Nilai r merupakan kekuatan linier. Nilai korelasi berada pada interval $-1 \leq r \leq 1$. Tanda + dan – menunjukkan arah hubungan. Rentang nilai korelasi adalah nilai korelasi $r < 0,44$ (baik + atau -) berarti berkorelasi tidak nyata, nilai korelasi $0,44 \leq r \leq 0,56$ (baik + atau -) berarti berkorelasi nyata, dan nilai korelasi $r > 0,56$ (baik + atau -) berarti berkorelasi sangat nyata.

2.6.4 Analisis Sidik Lintas

Analisis lintas digunakan untuk mengetahui pengaruh langsung setiap karakter. Analisis lintas dihitung menggunakan persamaan simultan (Singh dan Chaudhary, 2010), dengan rumus sebagai berikut:

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

Berdasarkan persamaan di atas, nilai C (pengaruh langsung) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan:

R_x : matriks korelasi antar peubah bebas

R_x^{-1} : invers matriks R_x

C : vektor koefisien lintas yang menunjukkan pengaruh langsung setiap peubah bebas yang telah dibuatkan terhadap peubah tak bebas

R_y : vektor koefisien korelasi antara peubah bebas X_i dengan peubah tidak bebas

2.6.5 Uji-T Berpasangan

Uji t berpasangan dilakukan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan rata-rata antara dua kelompok data yang saling berhubungan. Data hasil pengamatan tongkol silangan yang telah diperoleh selanjutnya diolah menggunakan uji-t berpasangan terhadap data hasil persilangan JHD 14 dan JHD 15 dengan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS STATISTICS 21. Kriteria pengujiannya didasarkan pada nilai Sig. yang dihasilkan. Sig. $> 0,05$ berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara tongkol hasil silangan JHD 14 dan JHD 15 pada karakter yang diamati, Sig. $\leq 0,05$ terdapat perbedaan yang signifikan antara tongkol hasil silangan JHD 14 dan JHD 15 pada karakter yang diamati.