

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan yang memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi setelah tanaman padi dan gandum. Selain berkontribusi terhadap asupan gizi manusia, jagung juga memiliki nilai pasar yang tinggi sebagai bahan baku pakan utama dan bahan baku dalam industri pangan. Hal ini membuat pengembangan jagung berbasis pakan lebih disukai daripada pengembangan sebagai bahan pangan. Di Indonesia 55% kebutuhan jagung dalam negeri digunakan sebagai pakan ternak, 30% digunakan untuk konsumsi pangan, sementara sisanya digunakan untuk kebutuhan industri dan benih (Syahrudin et al., 2020).

Jumlah konsumsi jagung di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun, hal ini dikarenakan terjadinya pertumbuhan penduduk dan berkembangnya sektor industri yang mengakibatkan peningkatan permintaan terhadap komoditas tanaman jagung. Berdasarkan data dari Badan Pangan Nasional (2023) kebutuhan jagung nasional pada tahun 2023 sebesar 15,7 juta ton. Sulaiman et al., (2017) mengatakan bahwa pada tahun 2045, kebutuhan jagung untuk bahan baku industri pakan dan ternak diproyeksikan mencapai 33,8 juta ton. Tanaman jagung banyak dilakukan intensifikasi dan ekstensifikasi penanamannya untuk memenuhi kebutuhan pangan di dalam negeri (Saputra et al., 2022). Menurut data BPS (2025) produksi jagung nasional tahun 2024 sekitar 15,13 juta ton mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan produksi tahun sebelumnya yaitu sekitar 14,74 juta ton. Hal ini sejalan dengan terjadinya peningkatan luas panen pada komoditi tanaman jagung yaitu sebesar 72.563 ha pada tahun 2024. Peningkatan produksi jagung lebih didominasi oleh peningkatan luas panen dibanding peningkatan produktivitasnya. Produktivitas jagung di Indonesia pada tahun 2024 mengalami penurunan dari tahun sebelumnya yaitu sekitar 5,94 ton/ha. Produktivitas jagung di Indonesia tergolong sangat rendah jika dibandingkan dengan potensi maksimal jagung hibrida.

Varietas jagung JH 37 dan Nasa 29 merupakan varietas hibrida pemerintah yang digemari oleh petani (Widiyani et al., 2025) dengan potensi hasil berturut-turut 12,5 ton/ha dan 13,7 ton/ha. Potensi hasil suatu varietas tanaman tidak dapat dipisahkan dengan tingkat adaptasi maupun stabilitas penampilannya pada suatu lingkungan tumbuh (Wahyu et al., 2024). Umumnya varietas hibrida dikembangkan pada lokasi penelitian optimal, potensi varietas hibrida yang tidak tercapai dapat disebabkan kondisi lingkungan yang tidak optimal dan kurang baik. Akmalia et al., (2017) mengatakan bahwa perubahan ekspresi gen dan mekanisme fisiologis tanaman menyebabkan terjadinya perbedaan fenotip, penampakan fenotip yang berbeda dikarenakan pengaruh lingkungan yang berbeda. Untuk mengatasi hal tersebut maka solusi utama adalah dengan meningkatkan adaptasi tanaman melalui intensifikasi pemuliaan jagung.

Pembentukan galur murni sangat identik terhadap tanaman menyerbuk sendiri dibandingkan tanaman menyerbuk silang. Secara umum, galur murni merupakan galur yang memiliki tingkat homozigositas tinggi melalui proses silang dalam (*inbreeding*). Sistem penggaluran ini dapat menyebabkan *inbreeding depression* pada tanaman menyerbuk silang. Efek ini dapat menurunkan vigoritas pada tanaman jagung. Akan tetapi, persilangan antar galur tersebut akan memiliki heterosis yang lebih tinggi dibandingkan tanaman menyerbuk sendiri. Heterosis adalah peningkatan karakter yang unggul dari suatu hibrida yang melebihi rerata kedua tetuanya atau salah satu tetua terbaiknya (Juhriah et al., 2019). Pendugaan nilai daya gabung dan nilai heterobeltiosis sangat penting sebelum suatu varietas dilepas, sehingga varietas yang dihasilkan mempunyai sifat unggul baik dari segi morfologis maupun fisiologis (Supriyanta et al., 2023).

Oleh sebab itu, walaupun penggaluran ini berdampak negatif terhadap vigoritas induk, tetapi penggaluran ini menjadi penting dalam pembentukan vareitas hibrida. Proses perakitan hibrida dibutuhkan sedikitnya dua populasi yang memiliki latar belakang plasma nutfah dengan keragaman genetik yang luas, penampilan persilangan menonjol, dan menunjukkan tingkat heterosis tinggi. Populasi yang digunakan juga harus memiliki toleransi terhadap cekaman silang dalam dan mampu menghasilkan galur inbrida berdaya hasil tinggi. Keberhasilan program pemuliaan melalui konsep persilangan *double cross* dan *convergent breeding* menghasilkan beberapa galur yang potensial untuk dikembangkan yang perlu diuji performanya. Pengujian performa merupakan salah satu bagian agronomis penting dalam menilai potensi suatu galur, sehingga pengujian performa haruslah dilakukan secara mendalam. Menurut Astiani et al., (2024), karakter fisiologis berkontribusi sangat penting terhadap peningkatan produktivitas jagung.

Secara umum pendekatan agronomi atau morfologi merupakan keragaan yang tampak jelas dan mudah untuk diamati. Pendekatan ini merupakan gabungan dari berbagai mekanisme biokimia dan fisiologi yang terakumulasi dalam penampakan suatu tanaman. Akan tetapi sampai saat ini, karakter morfologis tanaman kurang menunjukkan hasil yang baik dalam memprediksi hasil hibrida (Sutoro et al., 2017). Sehingga karakter fisiologi sangat dibutuhkan dalam menjelaskan performa agronomis suatu tanaman. Oleh sebab itu, pendekatan morfofisiologi menjadi pendekatan yang dapat dilakukan. Hal ini mengingat potensi fisiologi relatif memiliki kestabilan sifat dibandingkan potensi morfologi.

1.2. Landasan Teori

Tanaman jagung (*Zea mays*) merupakan tanaman pangan penghasil karbohidrat yang sangat penting. Tanaman jagung banyak dibudidayakan untuk mensuplai kebutuhan pangan dalam negeri dan merupakan komoditi yang diekspor. Jagung juga telah ditetapkan sebagai tanaman pangan utama setelah beras dikarenakan jagung memiliki manfaat yang cukup banyak antara lain sebagai bahan pangan, penghasil minyak, bahan pakan ternak serta bahan baku industri olahan (Yusnida, 2022). Oleh sebab itu, pengembangan jagung terus diupayakan dalam

menjaga kestabilan pangan dan ekonomi di Indonesia. Peningkatan produksi jagung lebih didominasi oleh peningkatan luas panen dibandingkan peningkatan nilai produktivitasnya, akibatnya produktivitas jagung mengalami peningkatan yang berfluktuatif dengan nilai yang tidak terlalu besar dari tahun ke tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan produktivitas menjadi solusi terbaik dalam mendorong produksi jagung nasional. Salah satu upaya efektif dalam peningkatan produktivitas jagung ialah perakitan varietas.

Secara umum persilangan tanaman jagung dapat diarahkan ke pembentukan varietas hibrida dan varietas bersari bebas. Akan tetapi, pembentukan varietas hibrida lebih banyak diarahkan dibandingkan dengan varietas bersari bebas. Menurut Takdir et al., (2016), tanaman menyerbuk silang, seperti jagung, memiliki potensi heterosis tinggi ketika dilakukan persilangan antar galur murni. Sifat ini akan membentuk varietas dengan nilai ekonomi lebih baik dibandingkan kedua tetuanya. Oleh sebab itu, pembentukan galur murni menjadi hal krusial dalam perakitan varietas hibrida.

Pembentukan varietas jagung hibrida diawali dengan pembentukan populasi dasar dengan pembentukan beberapa galur murni kriteria vigor tinggi, stabil dan berdaya hasil tinggi (Ekawati et al., 2021). Pembentukan varietas hibrida dapat dilakukan dengan metode silang ganda (*double cross*) dan *convergent breeding*. Silang ganda (*double cross*) merupakan persilangan antara dua tetua yang memiliki karakter unggul yang keduanya merupakan hibrida (F1) dari silang tunggal. Kontribusi setiap tetua pada metode silang ganda adalah 25%. Oleh karena itu, frekuensi gen-gen unggul pada generasi F2-nya jauh lebih rendah daripada generasi F2 silang tunggal (Syukur et al., 2015). Persilangan tersebut akan menghasilkan F1 yang baik apabila dan apabila diteruskan akan menghasilkan keragaman yang tinggi. Hasil persilangan *double cross* bersifat homogen heterozigot.

Sedangkan *convergent breeding* merupakan persilangan yang dilakukan lebih dari empat tetua. Metode *convergent breeding* dilakukan bila tekanan terhadap satu atau dua karakter penting saja, yang akan dihimpun ke dalam varietas unggul yang sudah ada. Dengan metode persilangan ini, karakter-karakter penting pada varietas unggul tersebut tetap dipertahankan (Syukur et al., 2015). *Convergent breeding* memiliki keragaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan persilangan ganda, khususnya untuk karakter yang sangat poligenik.

Varietas jagung yang dilepas sebagai varietas unggul harus melalui tahap evaluasi untuk mengetahui stabilitas genetik dalam daya hasil dan adaptasi pada berbagai lingkungan. Calon varietas jagung yang diujikan akan dibandingkan dengan varietas jagung unggul yang telah didaftarkan di Kementerian Pertanian sebagai varietas uji. Varietas uji yang digunakan adalah varietas yang mempunyai ciri unggul dan juga banyak diminati, sehingga menjadi tolak ukur untuk menentukan apakah ciri-ciri suatu calon varietas sudah sesuai yang diinginkan (Nurhana et al., 2021). Evaluasi sebagai tahapan akhir kegiatan pemuliaan dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat unggul yang diinginkan, dimana varietas unggul idealnya mempunyai karakteristik berdaya hasil tinggi, tahan hama penyakit utama, dan stabil pada kondisi lingkungan.

Dalam pemuliaan jagung sebagai tanaman pangan, heterosis memberikan keunggulan yang nyata, baik dibandingkan dengan induk terbaik (*best parent* heterosis) maupun rata-rata dari kedua induk (*mid parent* heterosis). Kultivar hibrida ini memiliki vigor yang hanya bertahan pada generasi F1. Oleh sebab itu, seleksi hibrida terbaik dilakukan berdasarkan analisis nilai heterosis yang tinggi, yang juga diikuti oleh nilai heterobeltiosis yang tinggi. Sebab seleksi yang hanya dilakukan berdasarkan daya gabung khusus saja akan memberikan hasil yang berbeda dengan seleksi berdasarkan nilai heterosis dan heterobeltiosis Herison et al., (2017). Berdasarkan pada uraian diatas maka dilakukan penelitian dengan harapan mampu memberikan informasi terkait evaluasi berbagai genotipe jagung hibrida hasil persilangan *double cross* dan *convergent breeding* dalam mengatasi permasalahan produksi jagung hibrida.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian mengenai evaluasi morfofisiologis galur jagung s4 hasil persilangan *double cross* dan *convergent breeding*, yaitu:

1. Memperoleh satu atau lebih genotipe jagung hibrida terseleksi yang memiliki potensi hasil tinggi.
2. Memperoleh genotipe jagung terseleksi yang lebih unggul dibandingkan tetuanya berdasarkan nilai heterosis dan heterobeltiosis pada karakter produktivitas.
3. Memperoleh karakter pertumbuhan dan komponen produksi jagung hibrida yang memberikan nilai variabilitas genetik dan fenotipe yang luas dan heritabilitas tinggi dari hasil persilangan.
4. Memperoleh karakter pertumbuhan dan fisiologi yang optimal yang menjadi kriteria evaluasi terhadap produktivitas.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan referensi terhadap penelitian yang relevan. Peneliti selanjutnya dapat menggunakan hasil penelitian sebagai dasar untuk mengembangkan penelitian yang lebih baik dalam perbaikan populasi jagung yang berdaya hasil tinggi serta menambah wawasan pembaca.

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini terfokus akan tiga hal yaitu:

1. Terdapat satu atau lebih genotipe jagung hibrida terseleksi yang memiliki potensi hasil tinggi.
2. Terdapat genotipe jagung terseleksi yang lebih unggul dibandingkan tetuanya berdasarkan nilai heterosis dan heterobeltiosis pada karakter produktivitas.
3. Terdapat karakter pertumbuhan dan komponen produksi jagung hibrida yang memberikan nilai variabilitas genetik dan fenotipe yang luas dan heritabilitas tinggi dari hasil persilangan.
4. Terdapat karakter pertumbuhan dan fisiologi yang optimal yang menjadi kriteria evaluasi terhadap produktivitas.

BAB II

METODELOGI PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Serealia Bajeng, Kecamatan Bajeng, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian terletak pada titik koordinat 5° 18' 21.5"LS, 119° 28' 38.6"BT, dengan ketinggian 30 MDPL. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai bulan Juni 2024.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih 60 galur pada populasi terseleksi S4 hasil persilangan *double cross* dan *convergent breeding*, 20 benih *selfing*/tetua t1 (SG2.19.6), t2 (SG3.10.1), t3 (SG2.7.14), t4 (SG3.31.4), t5 (SG3.35.12), t6 (SG4.24.13), t7 (SG4.27.5), t8 (SG4.36.1), t9 (SG4.41.4), t10 (SG4.51.4), t11 (CB1.5.2), t12 (CB1.5.4), t13 (CB1.43.7), t14 (CB1.37.14), t15 (CB2.22.4), t16 (CB2.23.1), t17 (CB5.10.4), t18 (CB6.5.5), t19 (CB7.1.2), t20 (ST3.8.6), serta 4 benih varietas jagung sebagai pembanding (BISI 18, NASA 29, JH 37, Pioneer 27), Phonska, SP36, Saromyl 35SD (metalaksil), furadan 3GR, air, kantong benih, karung panen, plastk sampel panen, papan plot, kaca preparat, plaster bening dan kuteks.

Alat yang digunakan adalah traktor, meteran, tugal, ajir, mesin pompa air, selang air, sprayer, jangka sorong, mistar, kamera digital, timbangan, Content Clorofil Meter Plus 200+, Grain Moisture Tester PM-410 (Alat Pengukur Kadar Air Benih), Drone multispectral, SPAD-502 Plus, mikroskop dan alat tulis-menulis.

2.3. Metode Penelitian

Kegiatan dilakukan dengan menguji benih jagung 60 genotipe hasil persilangan *double cross* dan *convergent breeding* yang terdiri atas 60 genotipe F1, 20 *selfing* (tetua), serta 4 varietas jagung sebagai pembanding yang digunakan yaitu (BISI 18, NASA 29, JH 37, Pioneer 27). Keseluruhan genotipe ditanam dengan rancangan *augmented design* yang dikelompokkan kedalam 4 blok. Setiap pembanding diulang pada setiap blok, sedangkan genotipe persilangan dan tetua disebar ke dalam 4 blok dan tidak diulang pada setiap bloknya. Hal ini menjadikan terdapat 96 satuan percobaan.

Tabel 1. Sumber genotipe yang digunakan pada penelitian

Genotipe	S.G	Genotipe	S.G	Genotipe	S.G
g1	CB 1. 5. 2 X JH 37	g21	CB 1. 37. 14 X NASA 29	g41	CB 1. 5. 4 X SINHAS 1
g2	CB 1. 5. 4 X JH 37	g22	CB 1. 42. 5 X NASA 29	g42	CB 2. 22. 4 X SINHAS 1
g3	CB 1. 5. 7 X JH 37	g23	CB 1. 5. 2 X NASA 29	g43	CB 2. 23. 1 X SINHAS 1
g4	CB 1. 37. 14 X JH 37	g24	CB 1. 5. 4 X NASA 29	g44	CB 6. 5. 5 X SINHAS 1
g5	CB 2. 22. 4 X JH 37	g25	CB 1. 5. 7 X NASA 29	g45	ST 3. 8. 6 X SINHAS 1
g6	CB 2. 23. 1 X JH 37	g26	CB 2. 22. 4 X NASA 29	g46	SG 2. 19. 6 X SINHAS 1
g7	CB 5. 10. 4 X JH 37	g27	CB 2. 23. 1 X NASA 29	g47	SG 3. 35. 12 X SINHAS 1
g8	CB 6. 5. 5 X JH 37	g28	CB 5. 10. 4 X NASA 29	g48	SG 4. 36. 1 X SINHAS 1
g9	CB 7. 1. 2 X JH 37	g29	CB 6. 5. 5 X NASA 29	g49	SG 4. 41. 4 X SINHAS 1
g10	ST 3. 8. 6 X JH 37	g30	CB 7. 1. 2 X NASA 29	g50	SG 4. 24. 13 X SINHAS 1
g11	CB 1. 42. 5 X JH 37	g31	ST 3. 8. 6 X NASA 29	g51	CB 1. 5. 4 X BISI 18
g12	SG 2. 7. 14 X JH 37	g32	SG 2. 19. 6 X NASA 29	g52	CB 2. 22. 4 X BISI 18
g13	SG 2. 19. 6 X JH 37	g33	SG 2. 7. 2 X NASA 29	g53	CB 2. 23. 1 X BISI 18
g14	SG 3. 10. 1 X JH 37	g34	SG 2. 7. 14 X NASA 29	g54	CB 6. 5. 5 X BISI 18
g15	SG 3. 18. 8 X JH 37	g35	SG 3. 18. 8 X NASA 29	g55	ST 3. 8. 6 X BISI 18
g16	SG 3. 31. 4 X JH 37	g36	CB 5. 10. 4 X SINHAS 1	g56	SG 3. 18. 8 X BISI 18
g17	SG 3. 35. 12 X JH 37	g37	SG 3. 35. 12 X NASA 29	g57	SG 3. 35. 12 X BISI 18
g18	SG 4. 36. 1 X JH 37	g38	SG 4. 36. 1 X NASA 29	g58	SG 4. 36. 1 X BISI 18
g19	SG 4. 41. 4 X JH 37	g39	SG 4. 41. 4 X NASA 29	g59	SG 4. 41. 4 X BISI 18
g20	SG 4. 27. 5 X JH 37	g40	SG 4. 51. 4 X NASA 29	g60	SG 4. 24. 13 X BISI 18

Tabel 2. Sumber genotipe tetua yang digunakan

Geno	Nama Galur	Sumber Galur	Geno	Nama Galur	Sumber Galur
t1	SG 2. 19. 6	Bima 9/Pioneer 36//HJ28/NK7328	t11	CB 1. 5. 2	Pioneer 36/Bima 9//NK7328/HJ28//Bisi 2/NASA 29
t2	SG 3. 10. 1	Bisi 18/JH45//Bisi 2/NASA 29	t12	CB 1. 5. 4	
t3	SG 2. 7. 14	Bima 9/Pioneer 36//HJ28/NK7328	t13	CB 1. 43. 7	
t4	SG 3. 31. 4	Bisi 18/JH45//Bisi 2/NASA 29	t14	CB 1. 37. 14	Bima 9/Pioneer 36//HJ28/NK7328//JH 45/Bisi 18// NASA 29/Bisi 2
t5	SG 3. 35. 12		t15	CB 2. 22. 4	
t6	SG 4. 24. 13	JH45/Bisi 18//NASA 29/Bisi 2	t16	CB 2. 23. 1	HJ28/NK7328//Bima 9/Pioneer 36//NASA 29/Bisi 2//HJ 28/NK728
t7	SG 4. 27. 5		t17	CB 5. 10. 4	NASA 29/Bisi 2//JH 45/Bisi 18//HJ 28/NK 7328//Bima 9/Pioneer 36
t8	SG 4. 36. 1		t18	CB 6. 5. 5	NK 7328/HJ 28//Pioneer 36/Bima 9//Bisi 2/NASA 29//Bisi 18/JH 45
t9	SG 4. 41. 4		t19	CB 7. 1. 2	NK7328 / HJ28
t10	SG 4. 51. 4		t20	ST 3. 8. 6	

2.4. Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Pengolahan Lahan

Pengolahan lahan diawali dengan membersihkan lahan dari gulma kemudian digemburkan dengan menggunakan traktor, kemudian lahan yang telah diolah dibuatkan blok. Lahan diukur dengan membuat 4 blok yang berukuran 6,2 m x 47 m dengan jarak antar baris 1 m dan jarak antar blok 2 m. Setiap blok terdapat petak yang berukuran 1,4 m x 5 m dengan petak yang terdapat dua baris dimana tiap baris terdapat 25 lubang sehingga dalam 1 petak terdapat 50 lubang tanam dengan jarak tanam 70 cm x 20 cm.

2.4.2 Penyiapan Benih

Benih yang digunakan yaitu benih hasil seleksi pada generasi S4 yang bebas dari hama dan penyakit (benih sehat), daya tumbuh minimal 80%, bernas, mengkilat dan murni baik secara fisik maupun genetik (kemurnian terjamin). Sebelum ditanam benih diberi perlakuan fungisida (metalaksil).

2.4.3 Penanaman

Tiap bedengan dibuatkan lubang tanam menggunakan tugal dengan jarak tanam 70 cm x 20 cm. Tiap lubang ditanami 2 benih jagung, masing-masing lubang tanam diberi furadan untuk menghindari serangan hama lalu diberikan kompos dan ditutupi dengan tanah. Bedengan yang telah ditanami benih kemudian diberikan label perlakuan berupa kertas yang berisi nama perlakuan yang telah dilaminating.

2.4.4 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi; penyulaman, penjarangan, penyiangan pembumbunan, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, dan pengairan. Penyulaman dilakukan pada tanaman yang tidak tumbuh, atau terlambat pertumbuhannya sehingga dilakukan penyulaman yang dilakukan pada minggu pertama setelah tanaman tumbuh. Penjarangan dilakukan jika terdapat dua tanaman yang tumbuh pada satu lubang tanam, sehingga salah satunya dimatikan dengan tujuan pertumbuhan yang satu menjadi maksimal dan tidak terjadi perebutan hara dan juga digunakan sebagai sulaman. Penjarangan dilakukan pada saat minggu pertama sampai minggu kedua. Penyulaman dan penjarangan dilakukan pada waktu yang bersamaan. Pemupukan dilakukan sebanyak 2 kali dimana pemupukan pertama dilakukan pada umur tanaman 7-10 HST dan pemupukan kedua dilakukan pada umur tanaman 35-40 HST. Pemupukan dilakukan dengan cara penugalan dengan membuat lubang 10-15 cm di samping lubang tanam. Penyiangan dilakukan dengan membersihkan gulma yang terdapat di sekitar tanaman jagung yang dilakukan pada minggu ketiga hingga minggu keempat setelah tanaman tumbuh secara intens. Pembumbunan dilakukan dengan meninggikan guludan dan menggemburkan tanah agar aerasi tanah menjadi lebih baik yang dilakukan pada minggu ketiga hingga minggu keempat yang bersamaan dengan penyiangan. Pengendalian hama ini dapat dilakukan pada saat tanaman terserang hama dan penyakit dengan cara melakukan penyemprotan menggunakan fungisida dan insektisida yang sesuai dan dengan dosis sesuai anjuran. Pengairan dilakukan setiap minggu dengan menggunakan mesin pompa air dimana pengairan ini dilakukan dengan cara menggenangi petakan yang diairi hingga setinggi bedengan.

2.4.5 Panen

Panen jagung ditandai oleh kematangan fisiologis yang dicirikan dengan adanya lapisan hitam (*black layer*). Secara morfologi, daun mulai mengering

berwarna kuning kecoklatan, kulit tongkol menjadi kering keriput dan bobot jagung mencapai bobot maksimal yang ditandai rambut (*silk*) mengering. Panen dilakukan secara manual dengan mengambil tongkol jagung pada setiap tanaman dengan cara memutar tongkol dengan klobotnya atau dapat juga dilakukan dengan cara mematahkan tangkai buah jagung.

2.5. Parameter Pengamatan

Pengamatan diamati dengan menggunakan 5 sampel tanaman dan 5 sampel tongkol setiap genotipe. Berikut adalah parameter pengamatan yang diamati, yaitu:

1. Tinggi tanaman (cm)
Pengamatan tinggi tanaman dilakukan saat tanaman telah melewati fase pembungaan. Pengukuran dilakukan dengan mengukur bagian batang dari permukaan tanah sampai pangkal terakhir bunga jantan. Pengukuran dilakukan pada 5 tanaman sampel pada setiap plot.
2. Jumlah daun (helai)
Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan menghitung jumlah daun yang sudah terbuka sempurna di setiap tanaman jagung. Pengamatan dilakukan terhadap 5 tanaman sampel saat tanaman telah mengalami akhir masa pembungaan yang ditandai oleh bunga jantan mengering dan bunga betina telah berdiferensiasi membentuk buah. Daun terhitung secara keseluruhan dari daun yang melekat di dasar tanaman hingga ujung tanaman.
3. Diameter batang (mm)
Diameter batang diukur menggunakan jangka sorong pada saat tanaman telah melewati fase pembungaan. Pengukuran dilakukan pada bagian ruas batang pertama dari akar pada 5 tanaman sampel yang dipilih pada setiap plot
4. Tinggi letak tongkol (cm)
Pengamatan tinggi letak tongkol dilakukan bersamaan dengan pengamatan tinggi tanaman pada 5 tanaman sampel yang sama. Tinggi letak tongkol diukur dari buku pangkal batang sampai buku kedudukan tongkol. Bila tanaman mempunyai dua tongkol, maka diambil tongkol yang teratas/tongkol yang lebih normal perkembangannya.
5. Luas Daun (cm²)
Pengukuran luas daun dihitung dengan menggunakan metode yang sudah disarankan oleh Montgomery (1911). Dihitung pada daun ke 2, 4, dan 8 dari pucuk. Pengamatan dilakukan pada 70 HST.

$$LD = P \times L \times k$$

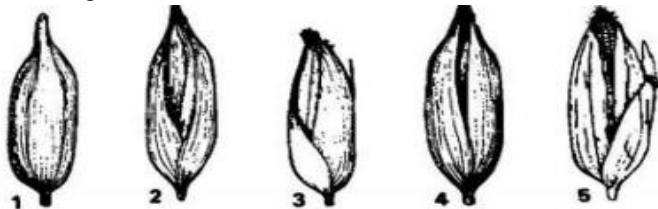
$$LD = \text{Luas Daun (cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{Panjang Daun (cm)}$$

$$L = \text{Lebar Daun Maksimum (cm)}$$

$$k = \text{Nilai Konstanta Daun Jagung (0.75)}$$

6. Umur 50% berbunga jantan (HST)
Umur berbunga jantan dihitung sejak tanam hingga keluar serbuk sari sejumlah 50% dari populasi tanaman pada setiap plot. Pengamatan dilakukan setiap hari sepanjang fase pembungaan.
7. Umur 50% berbunga betina (HST)
Umur berbunga betina dihitung dari sejak tanam hingga keluar rambut tongkol dengan panjang ≥ 2 cm sejumlah 50% dari populasi tanaman pada setiap plot.
8. *Anthesis Silking Interval* (ASI) (hari)
Anthesis Silking Interval (ASI) dihitung berdasarkan selisih umur berbunga betina dan jantan.
9. Umur panen (HST)
Pengamatan umur panen dilakukan dengan menghitung jumlah hari dari mulai tanam sampai panen pertama.
10. Penutupan Klobot (Skor)
Tingkat penutupan klobot diberi skor 1 (baik) sampai 5 (jelek), dengan kriteria sebagai berikut:
Skor 1: Klobot menutup rapat dengan baik, sehingga beberapa tongkol dapat diikat menjadi satu pada ujung tongkol
Skor 2: Klobot menutup ketat hanya sampai ujung tongkol saja
Skor 3: Klobot menutup agak longgar di ujung tongkol
Skor 4: Klobot menutup tongkol kurang baik, ujung tongkol terlihat
Skor 5: Klobot menutup tongkol sangat jelek, sebahagian biji nampak tidak dilindungi klobot



Gambar 1. Skor Menutupnya Klobot

11. Diameter tongkol (mm)
Diameter tongkol diukur pada 5 sampel tongkol yang dipilih pada setiap genotipe. Pengukuran diameter tongkol menggunakan jangka sorong yang diukur pada bagian tengah tongkol yang telah dikupas kelobotnya.
12. Panjang tongkol (cm)
Panjang tongkol diukur bersamaan dengan pengamatan diameter tongkol pada 5 sampel tongkol yang dipilih pada setiap genotipe. Pengukuran panjang tongkol dilakukan dengan menggunakan penggaris dan diukur pada bagian pangkal sampai pada bagian ujung tongkol yang telah dikupas kelobotnya.
13. Panjang tongkol berbiji (cm)
Diukur dari bagian pangkal sampai pada bagian ujung tongkol yang berbiji. Dilakukan dengan menggunakan penggaris.

14. Jumlah biji perbaris (biji)
Jumlah biji per baris dihitung berdasarkan biji yang terbentuk utuh di setiap baris dalam tongkol pada 5 sampel tongkol yang dipilih dari setiap genotipe.
15. Jumlah baris biji (baris)
Jumlah baris biji per tongkol diamati dengan menghitung jumlah baris tiap tongkol pada 5 sampel tongkol yang dipilih pada setiap genotipe.
16. Bobot tongkol kupasan (g)
Perhitungan bobot tongkol dilakukan dengan cara menimbang 5 sampel tongkol yang telah dipisahkan dengan klobotnya.
17. Bobot biji per tongkol (g)
Perhitungan bobot biji per tongkol dilakukan dengan cara menimbang semua biji yang telah dipipil dari 5 sampel tongkol yang dipilih menggunakan timbangan analitik.
18. Bobot 1000 biji (g),
Perhitungan bobot 1000 biji dilakukan dengan cara menimbang 1000 biji jagung yang telah dipipil menggunakan timbangan analitik
19. Klorofil Daun ($\mu\text{mol.m}^{-2}$)
Komponen klorofil daun, diamati menggunakan alat Chlorophyll Content Meter (CCM plus 200+) dengan cara menjepit daun dari pangkal hingga ujung daun ketiga sebanyak 10 kali saat berumur 71 HST. Pengamatan dilakukan terhadap kandungan klorofil a ($\mu\text{mol.m}^{-2}$), klorofil b ($\mu\text{mol.m}^{-2}$) dan total klorofil daun ($\mu\text{mol.m}^{-2}$), dengan menggunakan rumus: kandungan klorofil daun = a +b (CCI), dimana a, b dan c adalah konstanta dan CCI adalah indeks klorofil daun yang terbaca pada CCM 200+ dimana:

Tabel 3. Nilai Konstanta klorofil a,b, dan total

Parameter	Y= a + b (CCI) ^c		
	a	b	c
Chl a	-421.35	375.02	0.1863
Chl b	38.23	4.03	0.88
Chl tot	38.23	269.96	0.277

Sumber: *Goncalves, 2008* dalam Nasaruddin, 2022

20. Stomata Daun ($\mu\text{mol.m}^{-2}$)
Komponen stomata daun, pengambilan sampel stomata dilakukan dengan menggunakan kuteks bening dan plester bening pada daun ketiga dari atas. Setiap galur diwakili oleh satu tanaman sampel dan diamati pada fase generatif akhir 70-72 HST. Permukaan daun dibersihkan dari pasir atau tanah kemudian diolesi dengan kuteks pada permukaan bawah daun di bagian ujung, tengah dan pangkal. Komponen stomata daun meliputi: kerapatan stomata dan luas bukaan stomata. Kerapatan stomata (stomata/mm²), dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{luas bidang pandang}}$$

Sumber: Nassaruddin, 2022

Untuk mengukur kerapatan stomata harus menggunakan pembesaran 400 kali dengan diameter bidang pandang 0,52 mm². Sedangkan pengukuran luas bukaan stomata menggunakan pembesaran 1000 kali dengan diameter bidang pandang 0,52 mm².

Luas Bukaan Stomata = $\pi \times r_1 \times r_2$

Sumber: Nassaruddin, 2022

Keterangan:

$\pi = 3,14$

$r_1 = \frac{\text{Panjang stomata}}{2} (\mu m)$

$r_2 = \frac{\text{Lebar stomata}}{2} (\mu m)$

21. *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) ($\mu\text{mol.m}^{-2}$)

Indeks klorofil, diamati menggunakan alat *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) pada daun ketiga dari atas tanaman, daun tengah (terhitung mulai ujung tanaman) dan daun terbawah tanaman saat berumur 71 HST

22. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Pengamatan indeks vegetasi menggunakan drone. Drone dilakukan sebanyak tiga kali yaitu, fase puncak vegetatif pada 51 HST, begetatif transisi ke generatif pada 72 HST dan fase generatif pada 86 HST. Indikator yang digunakan untuk menilai indeks pertanian jagung yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (Near-Infrared Radiation). Nilai NDVI akan digunakan untuk analisis pertanian jagung. Perhitungan NDVI dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{NDVI} = (\text{IMD} - \text{M}) / (\text{IMD} + \text{M})$$

Keterangan:

M = Merah (Reflaktansi panjang gelombang merah 600-700 nm)

IMD = Inframerah dekat (Reflaktansi panjang gelombang inframerah dekat 800-900 nm)

23. Prolifik (%)

Prolifik dihitung dengan rumus

$$\text{Prolifik}(\%) = \frac{\text{Jumlah tongkol panen} - \text{jumlah tanaman panen}}{\text{Jumlah tanaman panen}} \times 100\%$$

24. Rendemen (%)

Diukur dengan menimbang tongkol kupasan basah kemudian dipipil. Jenggel tongkol di timbang kembali sehingga rendemen dapat diketahui dengan persamaan berikut (Valentin et al. 2023) :

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

25. Produktivitas ($t.h^{-1}$)

Produktivitas dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{10.000}{L.P} \times \frac{100-KA}{100-15} \times B \times R$$

Keterangan:

L.P = Luas Panen (m^2)

KA = Kadar Air Panen

B = Bobot Tongkol Kupasan (kg)

R = Rendemen

2.6 Analisis Data

2.6.1 Analisis Sidik Ragam

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (Anova) sesuai rancangan yang digunakan, yaitu rancangan *Augmented Design* dilanjutkan dengan uji lanjut BNT_{0,05} menggunakan software SAS 9.1.

Tabel 4. Analisis ragam rancangan *augmented design*

Sumber Keragaman	DB	KT	F. Hitung
Ulangan	r-1	KTu	KTu/KTe
Perlakuan	(g+c)-1	KTp	KTp/KTe
Kontrol	c-1	KTc	KTc/KTe
Galur	g-1	KTg	KTg/KTe
G vs K	1	KT (g vs c)	KT (g vs c)/KTe
Error	((g+rc)-1)-((g+c)-1)-(r-1)	KTe	
Total	(g+rc)-1		

r = Ulangan dalam kontrol, c = Varietas pembandingan, g = Galur

2.6.2 Analisis Heritabilitas dan Pendugaan Komponen Ragam

Nilai heritabilitas dihitung dengan menggunakan persamaan yang digunakan oleh Syukur et al. (2015), nilai heritabilitas dihitung dengan menggunakan formasi sebagai berikut:

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

Selanjutnya menentukan kriteria nilai heritabilitas, dengan kategori sebagai berikut:

H > 50% : heritabilitas tinggi

20% ≤ H ≤ 50% : heritabilitas sedang

H < 20% : heritabilitas rendah

Pendugaan nilai ragam berdasarkan nilai kuadrat tengah adalah sebagai berikut :

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

2.6.3 Analisis Variabilitas

Variabilitas genetik suatu karakter diduga berdasarkan nilai ragam genetik (σ^2g), rata-rata populasi ($\bar{x}$). Koefisien keagaman genetik (KKG) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$KKG = \frac{\sqrt{\sigma^2g}}{\bar{x}} \times 100\%$$

Variabilitas fenotipik suatu karakter ditentukan berdasarkan varians fenotipik (σ^2p), rata-rata populasi ($\bar{x}$). Koefisien keragaman fenotipik (KKF) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$KKF = \frac{\sqrt{\sigma^2p}}{\bar{x}} \times 100\%$$

Suatu karakter memiliki variabilitas genotipik dikategorikan luas apabila nilai KKG > 20%, sedang apabila nilai KKG 10-20%, dan sempit apabila KKG 0-10%.

Keterangan:

KKG : Koefisien keragaman genotipe

KKF : Koefisien keragaman fenotipe

σ^2g : Ragam genotipe

σ^2p : Ragam fenotipe

$\bar{x}$: Rata-rata umum

2.6.4 Analisis Heterosis dan Heterobeltiosis

Heterosis (%) dan Heterobeltiosis (%) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Ht (\%) = \frac{\mu_{F1} - \mu_{MP}}{\mu_{MP}} \times 100 \quad Hb (\%) = \frac{\mu_{F1} - \mu_{HP}}{\mu_{HP}} \times 100$$

Keterangan:

Ht (%) : Heterosis terhadap kedua tetua

Hb (%) : Heterobeltiosis terhadap tetua terbaik

F1 : Nilai rata-rata hibrida turunan pertama

MP : Nilai rata-rata kedua tetua

HP : Nilai tetua terbaik

μ : rata-rata populasi

2.6.5 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dihitung menggunakan persamaan teknik korelasi pearson produk moment dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

r : koefisien korelasi Pearson

n : banyak pasangan nilai X dan Y

Σxy : jumlah dari hasil kali nilai X dan nilai Y

Σx : jumlah nilai X
 Σy : jumlah nilai Y
 Σx^2 : jumlah dari kuadrat nilai X
 Σy^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 $r < 0,2039$ (baik + atau -) berarti berkorelasi tidak nyata, nilai korelasi $0,2039 \leq r \leq 0,2659$ (baik + atau -) berarti berkorelasi nyata, dan nilai korelasi $r > 0,2659$ (baik + atau -) berarti berkorelasi sangat nyata.

2.6.6 Analisis Sidik Lintas

Analisis lintas digunakan untuk mengetahui pengaruh langsung setiap karakter terhadap hasil uji biji per hektar. Sidik 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