

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Jagung

Tanaman jagung merupakan tanaman tingkat tinggi dengan klasifikasi sebagai berikut: Kingdom *Plantae*, Divisio *Spermatophyta*, Class *Monocotyledonae*, Ordo *Poales*, Famili *Poaceae*, Genus *Zea*, Species *Zea mays* L. (Iriany *et al.*, 2008). Menurut Budiman (2012), biji jagung berdasarkan sifat endosperma (penampilan dan tekstur biji), jagung diklasifikasikan ke dalam 7 tipe yaitu jagung Mutiara (*flint corn*), jagung gigi kuda (*dent corn*), jagung manis (*sweet corn*), jagung berondong (*pop corn*), jagung tepung (*floury corn*), jagung ketan (*wax corn*), jagung pod (*pod corn*).

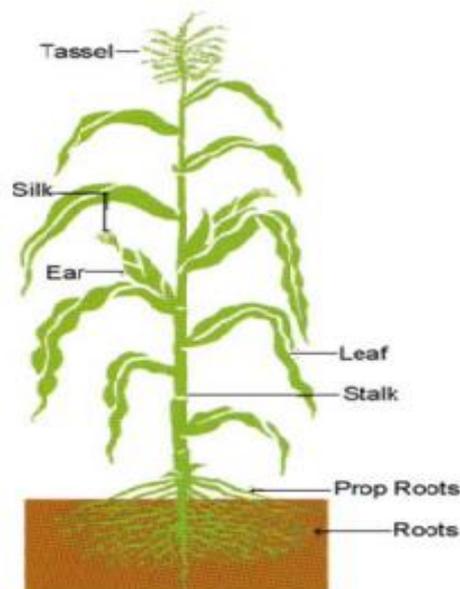
B. Morfologi Jagung

Jagung merupakan tanaman semusim yang satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif. Susunan morfologi tanaman jagung terdiri dari akar, batang, daun, bunga, dan buah (Wirawan dan Wahab, 2007).

Perakaran tanaman jagung terdiri dari 4 macam akar, yaitu akar utama, akar cabang, akar lateral, dan akar rambut. Akar jagung termasuk dalam akar serabut yang dapat mencapai kedalaman 8 m meskipun sebagian besar berada pada kisaran 2 meter (Suprpto, 1999). Batang jagung tegak dan beruas-ruas dengan jumlah ruas bervariasi antara 10-40 ruas. Tanaman jagung umumnya tidak bercabang. Panjang batang jagung umumnya berkisar antara 60-300 cm (Rukmana, 2009).

Daun jagung terbentuk memanjang, antara pelepah dan helai daun terdapat ligula. Tulang daun sejajar dengan ibu tulang daun. Permukaan daun ada yang licin dan ada pula yang berambut. Setiap stoma dikelilingi oleh sel-sel epidermis berbentuk kipas (Wirawan dan Wahab, 2007).

Jagung memiliki bunga jantan dan bunga betina yang terpisah dalam satu tanaman. Bunga jantan tumbuh di bagian puncak tanaman dan serbuk sari berwarna kuning serta beraroma khas. Bunga betina tersusun dalam tongkol yang tumbuh diantara batang dan pelepah daun. Buah jagung terdiri dari tongkol, biji dan daun pembungkus. Biji jagung mempunyai bentuk, warna, dan kandungan endosperm yang bervariasi, tergantung pada jenisnya. Umumnya buah jagung tersusun dalam barisan yang melekat secara lurus atau berkelok-kelok dan berjumlah antara 8-20 baris biji (Aak, 2006).



Gambar 1. Morfologi tanaman jagung
(*Zea mays* L.)
(Williams *et al.*, 2011)

C. Syarat Pertumbuhan Jagung

1. Iklim

Iklim yang dikehendaki oleh tanaman jagung adalah daerah beriklim sedang hingga daerah beriklim sub-tropis/tropis yang basah. Jagung dapat tumbuh di daerah yang terletak antara 0-50°LU hingga 0-40°LS (Budiman, 2012). Pada lahan yang tidak beririgasi, pertumbuhan tanaman ini memerlukan curah hujan ideal sekitar 85-200. Sebaiknya jagung ditanam di awal musim hujan, atau menjelang musim kemarau (Budiman, 2012).

Pertumbuhan tanaman jagung sangat membutuhkan sinar matahari. Suhu yang dikehendaki tanaman jagung antara 21-34°C. Pada proses perkecambahan benih benih jagung memerlukan suhu yang cocok sekitar 30°C (Budiman, 2012).

2. Tanah

Jenis tanah yang dapat ditanami jagung antara lain: andosol, latosol, grumosol, tanah berpasir. Keasaman tanah yang baik bagi pertumbuhan tanaman jagung adalah pH antara 5,6-7,5 (Budiman, 2012).

3. Ketinggian Tempat

Jagung dapat ditanam mulai dari daratan rendah sampai di daerah pegunungan yang memiliki ketinggian antara 1000-1800 mdpl. Daerah dengan ketinggian antara 0-600 mdpl merupakan ketinggian yang optimum bagi pertumbuhan tanaman jagung (Budiman, 2012).

D. Jagung Varietas Pulut dan *Black aztec*

1. Jagung Varietas Pulut



Gambar 2. Habitus tanaman jagung (*Zea mays L.*) varietas Pulut (Susanto, 2018)

Jagung Pulut merupakan varietas lokal dari Sulawesi Selatan yang dinamakan jagung Pulut rasanya enak, pulen, dan gurih. Dewasa ini jagung Pulut dimanfaatkan untuk bahan industri, pakan, kertas, tekstil, dan tambahan material untuk industri (Huang *et al.*, 2005).

Menurut Jugenheimer (1985) dalam Azrai *et al.*, (2007), salah satu karakteristik jagung Pulut adalah kandungan amilopektin biji lebih tinggi dibandingkan dengan amilosa. Hal ini disebabkan karena ekspresi gen resesif *waxy* (*wx*) atau *chinese waxy* (*wx-c*) yang menyebabkan biji memiliki kandungan amilopektin tinggi.

Populasi tanaman jagung (*Zea mays L.*) varietas Pulut dalam 1 Ha biasanya mencapai 70 ribu tanaman. Jagung Pulut berumur genjah, yaitu 60-70 hari tongkol muda dapat dipanen. Keunggulan spesifik jagung (*Zea mays L.*) varietas Pulut adalah toleran terhadap kekeringan dan umur genjah 85 hari masak fisiologis. Kelemahan jagung Pulut adalah hasil

rendah (2,0 – 2,5 ton/ha) dan rentan terhadap penyakit bulai. Perbaikan jagung Pulut melalui pemuliaan di Balai Penelitian Tanaman Serealia telah menghasilkan jagung dengan kandungan amilopektin 90,0% dengan rasa gurih (Yasin *et al.*, 2014).

2. Jagung Varietas *Black aztec*



Gambar 3. Habitus tanaman jagung (*Zea mays L.*) varietas *Black aztec* (Susanto, 2018)

Jagung *Black aztec* secara botani diklasifikasikan sebagai *Zea mays*. Jagung *Black aztec* berasal dari benua Amerika sehingga terkadang disebut sebagai *Mexican corn*. Jagung ungu banyak dikembangkan di Amerika Selatan khususnya di pegunungan Andes. Biji jagung yang berwarna ungu telah dimanfaatkan oleh penduduk lokal sebagai bahan pewarna serta minuman. Potensi hasil pada 1 Ha lahan menghasilkan jagung ungu sebanyak 6 ton/ha (Balai Penelitian Tanaman Serealia, 2018).

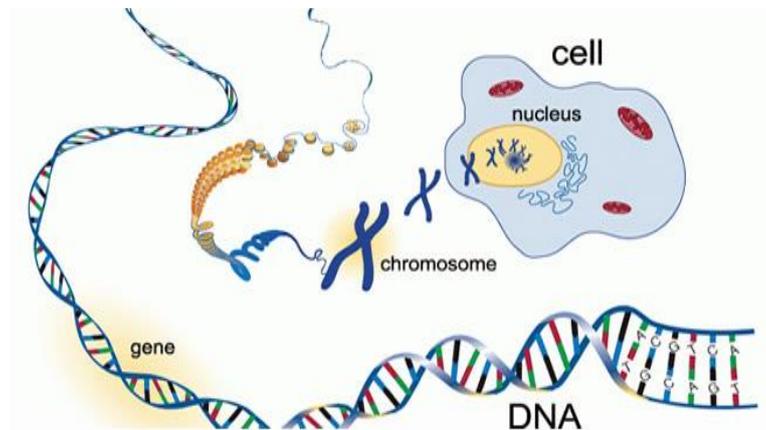
Jagung *Black aztec* memiliki kernel hitam pekat dengan rona agak keunguan. Warna ungu pada biji jagung varietas *Black aztec* disebabkan oleh tingginya kandungan antosianin. Antosianin merupakan senyawa

fenolik yang terdapat pada beberapa tumbuhan yang berwarna ungu. Lao *et al.*, (2017), menyebutkan bahwa senyawa fenolik jagung ungu berpotensi sebagai anti oksidan, anti peradangan, anti mutagenik, anti kanker dan anti angiogenesis. Kandungan antosianin pada jagung ungu sangat tinggi yaitu 290–1323 mg/ 100 g berat kering dan asilasi antosianin 35–54 % (Jing, 2016). Kandungan antosianin rata-rata jagung ungu adalah 1.640 mg/100 g berat segar. Kekurangan dari jagung ini yaitu mempunyai biji yang keras, sehingga harus dilakukan pengolahan untuk mengkonsumsinya. Jagung ini memiliki potensi manfaat yang besar untuk dikembangkan di Indonesia (Jones, 2005).

E. Kromosom

1. Struktur Kromosom

Kromosom adalah unit genetik yang terdapat dalam setiap inti sel pada semua makhluk hidup, termasuk tumbuhan. Kromosom berbentuk deret panjang molekul yang disusun oleh DNA dan protein-protein. Setiap sel terdiri dari tiga bagian utama, yaitu nukleus (inti sel), sitoplasma (cairan sel), dan membran pelindung sel. Di dalam nukleus, terdapat benang-benang halus yang disebut “kromatid”, apabila terjadi pemebalahan sel, maka benang-benang halus itu dipintal membentuk kromosom (Hadi, 2015).



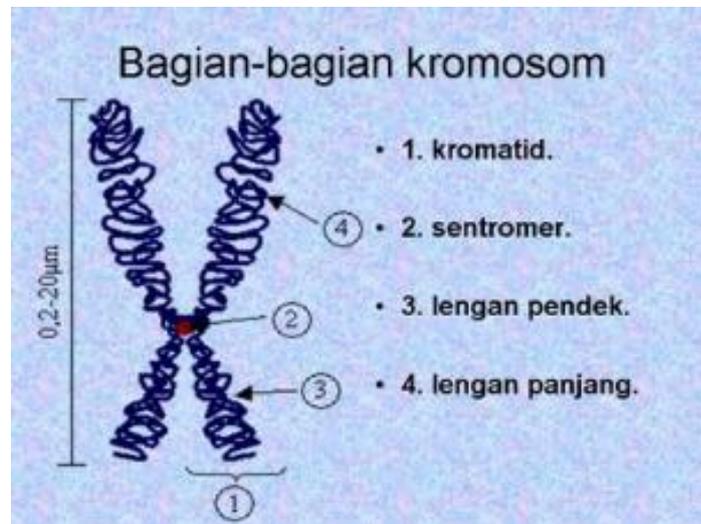
Gambar 4. Kromosom pada tumbuhan (Hadiarto, 2017)

Kromosom dapat terlihat jelas pada tahap-tahap tertentu pembelahan inti dan umumnya kromosom dapat terlihat dengan baik pada fase promefase dan metafase (Crowder, 2006). Sheeler dan Bianchini (1970), juga menjelaskan bahwa karakter kromosom yang paling baik dapat dipelajari selama fase tersebut karena pada fase tersebut kromosom terlihat sebagai bangunan silindroid, berlengan empat dan berbentuk lurus atau bengkok yang tersusun atas kromatin. Kromatin merupakan kompleks yang dibentuk oleh gabungan DNA, protein histon dan RNA.

Menurut Wolfe (1981), berdasarkan daya serap terhadap larutan pewarna, kromatin dibagi menjadi dua daerah, yaitu eukromatin dan heterokromatin. Daya serap eukromatin terhadap pewarna lebih rendah daripada heterokromatin. Eukromatin akan tampak menebal saat memasuki mitosis, sedangkan heterokromatin akan tampak gelap karena mudah menyerap pewarna. Heterokromatin umumnya terletak di dekat sentromer, telomere dan beberapa bagian lain (daerah interstisiil/pertengahan lengan kromosom).

Kromosom terdiri atas dua kromatid yang tersusun dari molekul DNA. Tiap-tiap kromatid terdiri atas dua buah lengan, yaitu lengan pendek (p) dan

lengan panjang (q). Lengan pendek dan lengan panjang tersebut dihubungkan oleh suatu struktur yang disebut sentromer (Wolfe, 1981).



Gambar 5. Struktur kromosom (Hadi, 2015)

1) Kromatid

Kromatid merupakan salah satu bagian pada kromosom tumbuhan yang merupakan lengan hasil replikasi dari kromosom dan masih menempel pada sentromer (Panji, 2015).

2) Sentromer

Sentromer adalah daerah lekukan primer (pusat) dari kromosom. Pada sentromer terdapat konetokor, yaitu tempat penempelan benang-benang spindel saat pembelahan sel (Panji, 2015).

3) Lengan Pendek

Lengan pendek atau kromomer merupakan struktur yang bentuknya seperti manik-manik, hasil akumulasi dari materi kromatid yang terkadang terlihat pada pembelahan masa interfase. Kromomer akan

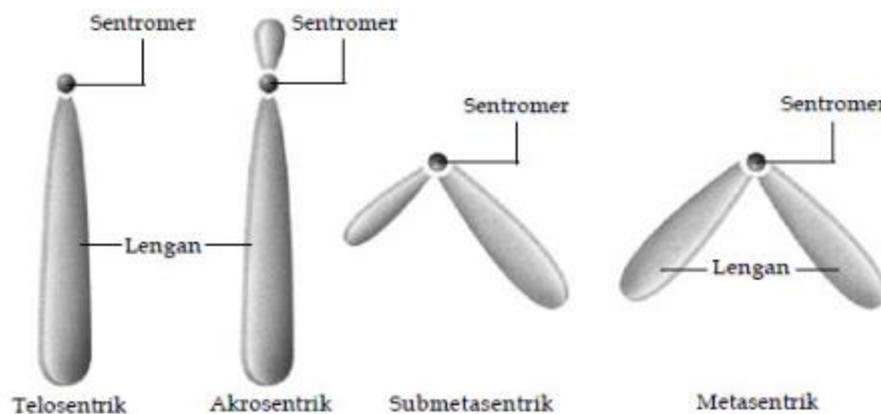
terlihat jelas setelah kromosom pada tumbuhan mengalami pembelahan secara berkali-kali (Putra *et al.*, 2015)

4) Lengan Panjang

Lengan panjang atau telomer adalah bagian pada kromosom yang berisis DNA, fungsinya untuk menjaga stabilitas ujung kromosom agar DNA tidak terurai (Putra *et al.*, 2015)

2. Tipe Kromosom

Berdasarkan letak sentromernya kromosom dibagi menjadi 4, yaitu (Aristya *et al.*, 2015):



Gambar 6. Kromosom berdasarkan letak sentromernya (Hadra, 2017)

- Telosentrik** : bentuk kromosom pada waktu sentromer terletak diujung kromosom sehingga kromosom hanya terdiri dari sebuah lengan dan berbentuk lurus menyerupai batang.
- Akrosentrik** : bentuk kromosom pada waktu sentromer terletak didekat ujung kromosom (subterminal) sehingga kromosom tidak membengkok, tetapi tetap lurus seperti batang. Lengan kromosom terbagi menjadi dua. Satu lengan kromosom sangat pendek sedangkan yang lainnya sangat panjang.

- c. Submetasentrik : bentuk ketika sentromer terletak di arah satu satu ujung kromosom (submedian) sehingga kromosom terbagi menjadi dua lengan tak sama panjang dan mempunyai bentuk seperti huruf J.
- d. Metasentrik : bentuk kromosom saat sentromer terletak ditengah kromosom (median) sehingga kromosom terbagi menjadi dua lengan yang sama panjang dan mempunyai bentuk seperti huruf V.

Tabel 1. Klasifikasi kromosom berdasarkan posisi sentromer (Aristya *et al*, 2015)

Indeks Sentromer	Rasio Lengan Kromosom	Simbol	Bentuk Kromosom
37,5-50	1-1,67	m	metasentris
25-37,49	1,68-3,00	sm	submetasentris
12,5-24,99	3,01-7,00	st	akrosentris
0-12,49	>7,00	t	telosentris

Dalam tubuh suatu organisme terdapat jumlah kromosom yang berbeda-beda. Kromosom pada makhluk hidup biasanya ditemukan dalam keadaan berpasang-pasangan, oleh karena itu disebut diploid. Kromosom diploid dipertahankan dari generasi ke generasi dengan pembelahan mitosis (pembelahan yang menghasilkan dua anak yang bersifat sama dengan induknya). Kromosom yang berpasangan (kromosom homolog) memiliki bentuk, ukuran, dan komposisi yang sama (Hadi, 2015).

Ukuran kromosom merupakan salah satu kriteria untuk mengidentifikasi kromosom yang sangat berguna untuk membedakan satu kromosom dengan yang lainnya. Nilai rasio (R) dicari karena lebih bersifat tetap daripada ukuran kromosom. Berbagai macam perlakuan dalam pelaksanaan preparasi kromosom cenderung menyebabkan perubahan ukuran kromosom. Ukuran kromosom yang

berubah ini sulit untuk dijadikan patokan atau parameter sehingga perlu dicari suatu nilai yang lebih tetap, yaitu rasionya atau perbandingan (Aristya *et al*, 2015).

Nilai rasio (R) diperoleh dari perbandingan antara panjang absolut kromosom terpanjang dan panjang absolut kromosom terpendek. Nilai R tersebut menunjukkan variasi ukuran kromosom. Semakin besar nilai R menunjukkan variasi ukuran kromosom semakin besar, sedangkan selisih nilai R antar tanaman atau kultivar dapat digunakan untuk menunjukkan perbedaan karakter kromosom atau variasi genetik pada kultivar yang diteliti. Nilai rasio (R) didapatkan dengan cara nilai panjang absolut kromosom diurutkan menggunakan *software* Microsoft Excel (Aristya *et al*, 2015).

Menurut Khasanah (2009) dalam Aristya *et al.*, (2015), jumlah kromosom jagung (*Zea mays* L.) ialah $2n=20$ berdasarkan jumlah kromosom prometafase dengan masing-masing lengan pada setiap kultivar yang kemudian dirata-rata. Jumlah kromosom jagung (*Zea mays* L.) ($2n=20$) hasil penelitian ini sesuai dengan jumlah kromosom hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan jumlah kromosom *Zea mays* L. ialah $2n=20$.

3. Kariotipe

Seiring dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, para ilmuwan berusaha menggali dan mempelajari makhluk hidup sampai ke materi genetik yang terdapat dalam kromosom. Perkembangan teknologi mikroskop dan komputer sangat memudahkan ilmuwan untuk mempelajari kromosom. Untuk mempelajari kromosom, ilmuwan mengarakterisasi kromosom berdasarkan

jumlah, ukuran, dan bentuk kromosom. Karakterisasi kromosom tersebut ditampilkan dalam susunan artifisial yang disebut kariotipe (Weaver and Headrick, 1997). Berdasarkan bentuk, jumlah, dan ukuran, kromosom dapat dibuat peta standar yang disebut kariotipe atau karyogram. Apabila pasangan kromosom digambar tunggal, disebut idiogram (Darnaedi, 1991).

Kariotipe berasal dari bahasa Yunani, yaitu *karyon* yang berarti “inti” dan *typos* yang berarti bentuk (Yatim, 1986). Menurut Russel (2000), kariotipe diartikan sebagai susunan lengkap kromosom dari suatu individu berdasarkan jumlah dan ukurannya. Kariotipe sebagai karakter suatu individu, spesies, genus atau kelompok yang lebih besar ditunjukkan dengan sebuah diagram yang merupakan pasangan homolog serta disusun dalam sebuah seri kromosom dari yang terbesar sampai terkecil (Robertis, 1998).

Kariotipe mempunyai dua tipe, yaitu kariotipe simetris dan asimetris. Kariotipe simetris ialah kromosom hampir sama dan kebanyakan berbentuk metasentris dan bersifat primitive. Kariotipe asimetris termasuk tipe yang berbeda-beda dalam sebuah genom dan tipe ini lebih maju (Singh, 1999). Analisis kariotipe dapat digunakan dalam studi perbandingan antargenus, spesies, maupun tingkat-tingkat taksa di bawah jenis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa analisis kariotipe dapat membantu dalam menentukan kedudukan suatu takson (Primack, 1987).

Ukuran panjang absolut kromosom juga berbeda-beda antargenus dalam satu famili meskipun jumlah dasarnya sama. Ukuran ini bervariasi antara 1 hingga 20 kali. Ukuran relatif berbeda-beda pada satu spesies yang sama, terlihat dalam

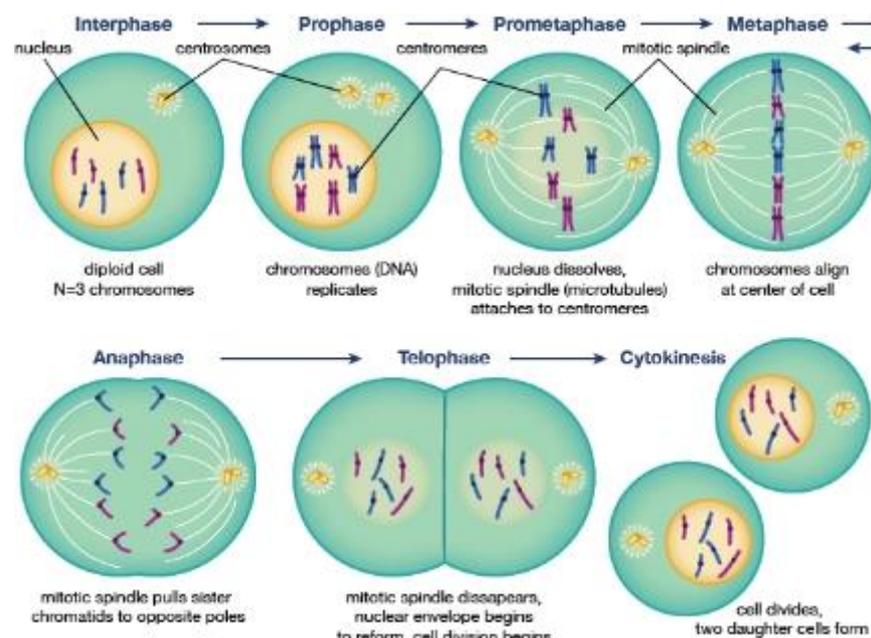
jajaran kromosom pada peta kariotipe. Perbedaan ukuran kromosom menunjukkan perbedaan kandungan gen, semakin besar perbedaan jumlah kromosom, semakin jauh hubungan kekerabatan jenis (Darnaedi, 1991). Perbedaan jumlah kromosom menunjukkan perbedaan susunan duplikasi gen. Rekomendasi merupakan salah satu faktor yang berperan dalam proses evolusi. Pada umumnya, organisme dengan jumlah kromosom sedikit memiliki kromosom dengan ukuran yang lebih besar (Aristya *et al.*, 2015).

Dalam kariotipe, kromosom-kromosom disusun secara sistematis berdasarkan ukuran lengan pendek dan lengan panjang kromosom, panjang absolut kromosom, posisi sentromer, dan posisi satelit (jika ada) (Jahier dan Tanguy, 1996). Lengan pendek kromosom disimbolkan dengan p dan lengan panjang disimbolkan dengan q. lengan pendek kromosom disusun di bagian atas, sedangkan lengan panjang di bagian bawah. Berdasarkan letak sentromer dapat diketahui nilai indeks sentromer (IS) yang berguna dalam menentukan bentuk kromosom.

F. Siklus Sel

Siklus sel adalah serangkaian peristiwa berulang yang dilalui sel. Siklus sel termasuk pertumbuhan, sintesis DNA, dan pembelahan sel. Dalam sel eukarotik, ada dua fase pertumbuhan, dan pembelahan sel termasuk mitosis. Siklus sel dikendalikan oleh protein regulator pada tiga pos pemeriksaan utama dalam siklus. Protein memberi sinyal sel untuk memulai atau menunda fase berikutnya dari siklus (Hisham, 2015).

Menurut Hisham (2015), sel eukariotik menghabiskan sebagian dari kehidupan pada tahap interfase dari siklus sel, yang dapat dibagi ke dalam tiga fase, G1, S, dan G2. Mitosis dan meiosis merupakan bagian dari siklus sel dan hanya mencakup 5-10% dari siklus sel. Persentase waktu yang besar dalam siklus sel terjadi pada interfase. Interfase terdiri dari periode G1, S, dan G2. Pada saat periode G1 selain terjadi pembentukan senyawa-senyawa untuk replikasi DNA, juga terjadi replikasi organel sitoplasma sehingga sel tumbuh membesar, dan kemudian sel memasuki periode S yaitu fase terjadinya proses replikasi DNA. Setelah DNA replikasi, sel tumbuh (G2) mempersiapkan segala keperluan untuk pemisahan kromosom, dan selanjutnya diikuti oleh proses pembelahan inti (M) serta pembelahan sitoplasma (C). selanjutnya sel hasil pembelahan memasuki pertumbuhan sel baru (G1)



Gambar 7. Tahapan pembelahan mitosis (IdBio, 2016)

Mitosis merupakan periode pembelahan sel yang berlangsung pada jaringan titik tumbuh (meristem), seperti pada ujung akar atau pucuk tanaman.

Proses mitosis terjadi dalam empat fase, yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase (Bima, 2018). Berikut adalah proses terjadinya mitosis:

1. Profase

Pada awal profase, sentrosom dengan sentriolnya mengalami replikasi dan dihasilkan dua sentrosom. Masing-masing sentrosom hasil pembelahan bermigrasi ke sisi berlawanan dari inti. Pada saat bersamaan, mikrotubul muncul diantara dua sentrosom dan membentuk benang-benang spindel, yang membentuk seperti bola sepak. Kromosom teramati dengan jelas, yaitu terdiri dari dua kromatid identik yang terbentuk pada saat interfase. Dua kromatid identik tersebut kemudian bergabung pada sentromernya. Benang-benang spindel terlihat memanjang dari sentromer (Campbell *et al.*, 1999).

2. Prometafase

Dalam fase ini, kromosom berupa *sister chromatid* dan bergerak menuju bidang pembelahan sehingga kromosom tampak menyebar. Prometafase dimulai dengan degradasi membran inti menjadi fragmen-fragmen kecil. Pada fase ini kromosom terus terkondensasi serta berangsur-angsur memendek dan menebal. Selanjutnya, *sister chromatid* bergerak menuju pelat metafase sehingga akan terlihat tersebar di sitoplasma (Aristya *et al.*, 2015).

3. Metafase

Fase pada saat sentromer dari tiap kromosom terletak di bidang ekuator walaupun lengan-lengan kromosom menuju ke arah lain. Pada saat

fase ini kromosom tersebar di bidang tengah dari sel (Snustad *et al.*, 1997). Masing-masing sentromer mempunyai dua kinetokor dan masing-masing kinetokor dihubungkan ke satu sentrosom oleh serabut kinetokor. Sementara itu, *sister chromatid* bergerak ke bagian tengah inti membentuk keping metafase (*metaphasic plate*) dan kromosom tampak tebal dan pendek sehingga terlihat berbentuk X (metasentris) atau V (telosentris) (Campbell *et al.*, 1999).

4. Anafase

Masing-masing kromatid selanjutnya memisahkan diri dari sentromer dan masing-masing kromosom membentuk sentromer. Masing-masing kromosom ditarik oleh benang kinetokor ke kutub masing-masing (Campbell *et al.*, 1999).

5. Telofase

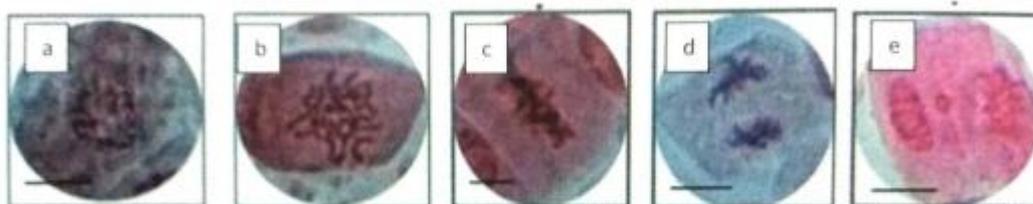
Ketika *sister chromatid* sampai ke kutubnya masing-masing, ini menandakan mulainya telofase. Kromosom bersaudara tampak tidak beraturan dan jika diwarnai, terpulas kuat dengan pewarna histologi (Campbell *et al.*, 1999).

Tahap berikutnya terlihat benang-benang spindel hilang dan kromosom tidak terlihat (membentuk kromatin;difusi). Keadaan seperti ini merupakan karakteristik dari interfase. Pada akhirnya membran inti tidak terlihat diantara dua anak inti (Campbell *et al.*, 1999).

6. Sitokinesis

Selama fase akhir pembelahan mitosis, muncul lekukan membran sel dan lekukan makin dalam yang akhirnya membagi sel tua menjadi sel anak. Sitokinesis terjadi karena dibantu oleh protein aktin dan miosin (Campbell *et al.*, 1999).

Berikut merupakan mitosis pada tanaman jagung (Khasanah, 2009 dalam Aristya *et al.*, 2015):



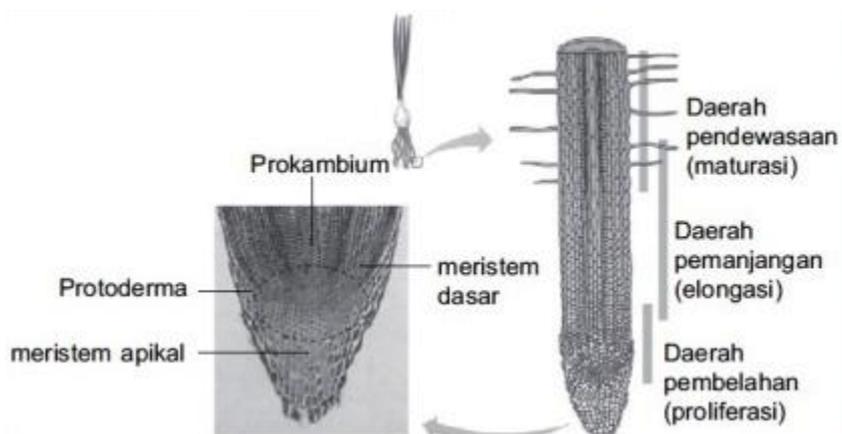
Gambar 8. Mitosis pada tanaman jagung a. Profase, b. Prometafase, c. Metafase, d. Anafase, e. Telofase. Garis bar: 1 μ .

Bila dibandingkan dengan mitosis, meiosis membutuhkan waktu yang jauh lebih panjang dengan proses yang lebih rumit. Meiosis dapat dibagi menjadi dua pembelahan nukleus (kariokinesis), yaitu meiosis I dan meiosis II. Pada meiosis I terjadi pengurangan jumlah kromosom menjadi setengah dari semula sehingga pembelahan ini sering disebut juga pembelahan reduksi. Jika sel yang mengalami meiosis adalah sebuah sel diploid, pada akhir meiosis II akan didapatkan empat buah sel yang masing-masing haploid karena kromosom hanya mengalami satu kali penggandaan, tetapi kariokinesis-nya terjadi dua kali. Meiosis I dan meiosis II terjadi pada sel tumbuhan. Baik pada pembelahan meiosis I dan II, terjadi fase-fase pembelahan seperti pada mitosis. Oleh karena itu dikenal adanya profase I, metafase I, anafase I, telofase I, profase II, metafase II, anafase II, dan telofase II (Aristya *et al.*, 2015).

G. Teknik Preparasi Kromosom

1. Preparasi Kromosom Tumbuhan

Tumbuhan pada masa awal perkembangan mengalami pertumbuhan sangat pesat, tumbuhan mengalami pembelahan sel secara tidak langsung yang disebut juga dengan mitosis. Pertumbuhan pesat terjadi di akar. Akar atau *radix* adalah bagian utama dari tumbuhan berkamus atau yang sudah memiliki pembuluh. Pertumbuhan panjang akar terkonsentrasi di dekat ujung akar yang terdapat tiga zona sel dengan tahap pertumbuhan, berturut-turut dari ujung akar ke arah atas, ialah zona pembelahan sel, zona pemanjangan, dan zona pematangan. Pembelahan secara mitosis terkonsentrasi atau terjadi pada zona pembelahan sel. Zona pembelahan sel termasuk dalam meristem apikal karena terletak diujung akar. Selain diujung akar, meristem apikal terdapat dipucuk tunas tumbuhan. Meristem apikal bekerja menghasilkan sel-sel bagi tumbuhan untuk tumbuh memanjang (Aristya *et al*, 2015).



Gambar 9. Jaringan meristem primer pada akar (Campbell *et al.*, 2005).

2. Metode Squashing

Metode preparasi kromosom tanaman dibedakan berdasarkan macam siklus atau pembelahan yang diamati, yaitu mitosis dan meiosis. Metode preparasi

untuk melihat aktivitas mitosis berbeda dari meiosis. Perbedaan ini terdapat pada sel yang akan dipreparasi, tahap preparasi dan reagen yang akan digunakan untuk preparasi. Untuk melihat aktivitas mitosis sel, diperlukan pengamatan terhadap jaringan somatis yang memiliki set kromosom $2n$ (diploid) dan untuk melihat aktivitas meiosis sel, diperlukan sel induk spora atau polen (PMCs: *Pollen Mother Cells*) yang memiliki set kromosom n (haploid). Pada pengamatan kromosom, diperlukan sel-sel yang aktif membelah dan senyawa yang digunakan harus tepat untuk mematikan sel tersebut saat kromosom melakukan kondensasi maksimal agar mudah diamati. Pengamatan terhadap aktivitas mitosis sel suatu individu dapat digunakan untuk melihat karakter genotipe individu yang meliputi jam pembelahan mitosis, jumlah kromosom dan kariotipe (Jahier dan Tanguy, 1996).

Metode preparasi kromosom telah banyak dikembangkan dengan berbagai modifikasi dalam tahapan, reagen dan bahan atau jaringan yang digunakan. Metode preparasi yang paling umum digunakan untuk mengamati aktivitas mitosis ialah metode *Squashing* pada ujung akar tanaman (Jahier dan Tanguy, 1996).

Menurut Setyawan dan Sutikno (2000), jaringan yang digunakan untuk mengamati mitosis sel tanaman adalah jaringan somatik yang masih bersifat meristematis atau masih aktif membelah, misalnya ujung akar tanaman, ujung batang, petala muda, ovulum muda, dan kalus. Akan tetapi, jaringan yang mudah tumbuh, mudah dipotong, dan mudah diamati. Prinsip metode *Squashing* ialah pemencetan yang kemudian dilakukan pengamatan pada kromosom dari jaringan somatik yang menggunakan senyawa kimia tertentu yang dapat mempertahankan

sel berada pada saat prometafase mitosis. Tahap preparasi tanaman yang diteliti sebagai berikut (Aristya *et al.*, 2015) :

1. Perkecambahan akar tanaman

Benih tanaman dikecambahkan dalam media yang diberi air hingga akar tumbuh sepanjang > 0,5 cm. setelah itu, ujung akar dipotong sepanjang 0,5 cm pada pukul 08.00-12.00 WIB. Pemotongan dilakukan berdasarkan perkiraan jam pembelahan masing-masing spesies tanaman, untuk interval waktu juga tergantung pada peneliti.

2. Praperlakuan (jika dibutuhkan)

Pra-perlakuan bertujuan untuk menghentikan pembelahan mitosis pada saat kromosom menyebar dan untuk membuat kromosom berkontraksi sehingga kromosom mudah mati. Pada proses praperlakuan umumnya digunakan agen antimitotik seperti kolkisin, *α -bromonaphtalene*, *β -hydroxyquinoline* dan air dingin (0-2°C) serta kejutan (Jahier dan Tanguy, 1996).

3. Fiksasi

Proses fiksasi dilakukan untuk mematikan sel, mengawetkan dan mempertahankan kondisi sel semaksimal mungkin mendekati keadaan waktu sel hidup. Fiksasi juga akan meningkatkan indeks bias sehingga memperjelas kromosom saat diamari dibawah mikroskop itu dan mengakibatkan cat pewarna mudah mewarnai sel. Ujung akar kemudian di fiksasi dengan larutan asam asetat glasial 45% pada suhu 4°C selama 15

menit. Waktu optimum untuk fiksasi berbeda-beda tergantung spesies tanaman.

4. Hidrolisis (maserasi)

Proses maserasi berfungsi untuk melisiskan lamela tengah sehingga sel terpisah-pisah dan mudah diamati. Ujung akar tanaman yang sudah difiksasi dicuci bersih menggunakan aquades. Pencucian bertujuan untuk menghilangkan pengaruh perlakuan sebelumnya, agar proses selanjutnya sempurna serta mengembalikan suhu ujung akar tersebut pada suhu kamar. Kemudian, ujung akar di maserasi dengan asam klorida 1 N pada suhu 55°C selama 15 menit (waktu optimum maserasi tergantung pada tiap spesies tanaman).

5. Pewarnaan

Setelah maserasi, dilakukan pewarnaan cuplikan ujung akar dengan cara merendam ujung akar dalam larutan aceto orcein 1% pada suhu 25°C selama 24 jam. Aceto orcein merupakan pewarna khusus kromosom yang memberikan warna lebih gelap pada kromosom sehingga dapat mempermudah pengamatan kromosom tanaman.

6. Pemencetan (*squashing*).

Cuplikan ujung akar yang telah diwarnai diletakkan pada preparat. Kemudian ditetesi gliserin dan ditutup dengan *cover glass*. Gliserin berfungsi untuk memudahkan proses pemencetan, menaikkan indeks bias, serta mempertahankan preparat dalam keadaan basah karena bila kering

preparatnya akan rusak. Slide kemudian disimpan dalam kotak preparat dan diletakkan pada suhu 4°C agar tidak cepat rusak.

H. Hipotesis

Diduga kromosom tanaman jagung (*Zea mays* L.) varietas Pulut dan *Black aztec* memiliki selisih nilai rasio panjang kromosom $R \leq 0,27$, sehingga kedua tanaman jagung (*Zea mays* L.) merupakan hasil kultivasi dari spesies yang sama.