

## BAB II

### LANDASAN TEORETIS

#### A. Kajian Teori

##### 1. Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum*)

###### a. Klasifikasi dan Karakteristik

Tanaman bawang merah merupakan salah satu tanaman yang mudah ditemui di Indonesia dan memiliki banyak manfaat, baik bagi pengobatan tradisional maupun bumbu masak. Bawang merah diperkirakan berasal dari Asia Tengah. Namun, kini setelah abad ke-20 bawang merah telah mengakar di penjuru nusantara (Pitojo, 2003:9).

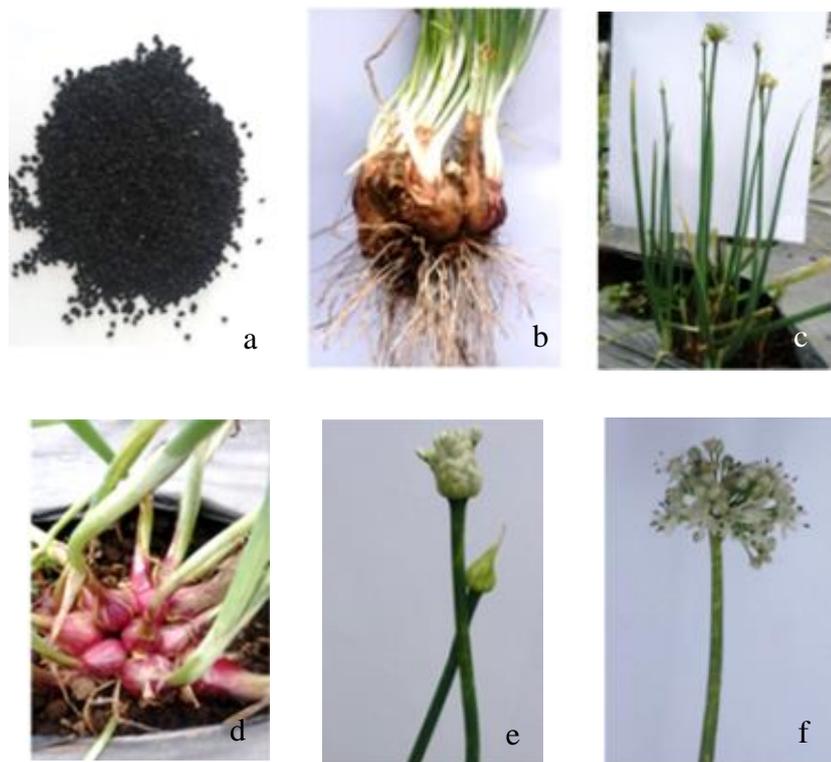
Bawang merah dengan nama ilmiah *Allium ascalonicum* ini termasuk tumbuhan monokotil dan masih berkerabat dengan bawang putih, bawang bombay, dan bawang daun yang terhimpun dalam genus *Allium* Stevens (2001). Di Jawa Tengah, Yogyakarta, dan Jawa Timur nama bawang merah dikenal dengan *brambang*, sedangkan di Jawa Barat bawang merah dikenal dengan *bawang acar* atau *bawang beureum* (Pitojo, 2003:12).

Berdasarkan uraian sebelumnya, bawang merah telah dikenal di berbagai penjuru nusantara dengan sebutan yang berbeda dan memiliki banyak manfaat baik untuk pengobatan maupun sebagai bumbu masak.

Adapun klasifikasi tanaman bawang merah berdasarkan APG

IV menurut Moore *et. al.*, (2016:3); Stevens (2001):

Kerajaan : Plantae  
Klad : Angiospermae  
Klad : Monokotil  
Bangsa : Asparagales  
Suku : Amarillydaceae  
Marga : *Allium*



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 2.1  
**Morfologi Tanaman Bawang Merah: a) biji, b) akar, c) Batang semu, d) Umbi, e) dan f) Bunga**

Bawang merah merupakan tanaman semusim, yakni tanaman yang menyelesaikan masa hidupnya dalam kurun waktu satu tahun (Suparman, 2007: 10; Campbell, 2012: 321). Namun, menurut meskipun disebut semusim, bawang merah dapat ditanam kembali sebanyak tiga kali (Suparman, 2007:10). Tanaman semusim yang berbentuk rumpun ini memiliki akar serabut sehingga bawang merah ini tidak tahan jika ditumbuhkan pada kondisi tanah yang kering (Fajjriyah, 2017: 13) . Lebih lanjut menurut Rukmana (2010:15), “Panjang akar bawang merah berkisar antara 15 – 30 cm”. Struktur akar tanaman bawang merah tercantum pada Gambar 2.1.b.

Batang bawang merah merupakan bagian kecil dari keseluruhan bagian tanaman, berbentuk seperti cakram, beruas-ruas, dan di antara ruas-ruasnya terdapat kuncup. Bagian atas batang sejati merupakan batang semu yang tersusun dari pelepah-pelepah daun daun (Rukmana, 2010:16). Batang semu tanaman bawang merah tercantum pada Gambar 2.1.c. Bentuk daunnya panjang berongga seperti pipa, berwarna hijau muda hingga hijau tua. Pangkal daun dan tangkainya akan menebal, berdaging, dan berfungsi sebagai tempat cadangan makanan.

Apabila ada pertumbuhan tanaman tersebut menghasilkan tunas maka akan terbentuk beberapa umbi yang dikenal dengan *siung*. Umbi tanaman bawang merah tercantum pada Gambar 2.1.d. Umbi inilah yang biasanya dimanfaatkan sebagai bahan pengobatan

tradisional maupun penyedap rasa. Warna umbi bawang merah ini beragam. Menurut Fajjriyah (2017:17), “Warna umbi bawang merah ada yang berwarna merah muda, merah tua, merah kecoklatan hingga merah keunguan”. Bentuk umbinya pun bervariasi. Menurut Jaelani (2007:13), “Umbi bawang merah ada yang berbentuk bulat seperti gasing terbalik, lonjong, hingga pipih”. Umbi bawang merah mengeluarkan bau khas yang menyengat.

Selain organ vegetatif, bawang merah juga memiliki organ generatif berupa bunga sebagaimana yang tercantum pada Gambar 2.1.e dan f. Bunga bawang merah ini terdiri atas tangkai bunga dan tandan bunga. Tangkai bunga memiliki panjang sekitar 30 cm dengan bagian pangkal agak menggelembung. Lebih jelas, menurut Samadi dan Cahyono (2009:16), “Di ujung tangkai bunga terdapat bagian yang runcing, yakni tandan bunga yang masih diselubungi oleh seludang. Jika seludangnya terbuka, maka akan tumbuh kuncup-kuncup bunga yang berformasi seperti payung”. Jika bunga mengadakan persilangan maka akan terbentuk buah dan biji. Biji bawang merah berbentuk pipih dan berwarna hitam jika telah tua seperti yang tercantum pada Gambar 2.1.a.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Dr. Joko Pinilih, SP., MP., yang merupakan salah satu peneliti bidang pemuliaan tanaman di Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) “Dari varietas yang tersedia di Balitsa, yakni varietas *Bima Brebes*, *Batu Ijo*, dan *Maja*

*Cipanas*, varietas yang paling banyak terdistribusi ke wilayah Tasikmalaya adalah varietas *Bima Brebes*". Hal tersebut yang mendasari varietas *Bima Brebes* dipilih sebagai varietas yang diteliti agar kelak pada praktikum pengamatan mitosis ujung akar bawang merah di sekolah mampu memudahkan guru untuk mendapatkan varietas bawang merah tersebut.

**b. Bawang Merah (*Allium ascalonicum* var. *Bima Brebes*)**

Varietas *Bima Brebes* merupakan varietas bawang merah yang berasal dari lokal Brebes, Jawa Tengah. Menurut Balitsa (2018), "Varietas *Bima Brebes* cocok ditanam di dataran rendah, memiliki lama waktu untuk berbunga 50 hari dan umur panennya 60 hari".



Sumber: Dokumentasi Penulis

Gambar 2.2  
Varietas *Bima Brebes* (bar = 1,5 cm)

Tinggi tanaman berkisar antara 25 – 44 cm. Dalam satu rumpun terdapat 2 – 4 tangkai dan menghasilkan 7 – 12 umbi. Daunnya berwarna hijau berbentuk silindris dan berongga. Lebih lanjut menurut Balitsa (2018), "Bunganya menyerupai payung dan berwarna putih, dalam satu tangkai, buahnya berkisar antara 60 – 100

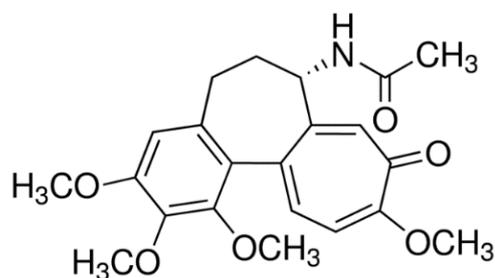
buah, sedangkan biji yang dihasilkannya 120 – 160 biji”. Bijinya berbentuk bulat, gepeng, dan berkeriput serta berwarna hitam. Lebih jelas menurut Fajjriyah (2017:19), “Bentuk umbi lonjong sedangkan warna umbinya merah muda”. Bentuk dan warna umbi dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Berdasarkan uraian sebelumnya, bawang merah yang akan dijadikan sampel pada penelitian ini adalah bawang merah varietas *Bima Brebes*.

## 2. Kolkhisin

### a. Pengertian Kolkhisin

Kolkhisin dengan nama lain (*S*) – *N* - (5,6,7,9- Tetrahydro-1,2,3,10- tetramethoxy- 9 - oxobenzo [*a*] heptalen-7 - yl) acetamide merupakan alkaloid yang diekstrak dari tanaman *Colchicum autumnale* yang berasal dari famili Colchicaceae. Bagian yang diekstrak menjadi kolkhisin dari tanaman tersebut adalah bagian bunga dan biji (Kupper *et.al.*, 2010:119). Adapun struktur kimia kolkhisin dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber: Sigma Aldrich (2019)

Gambar 2.3  
Struktur Kimia Kolkhisin

Kolkhisin yang ada saat ini tidak hanya dijual dalam bentuk serbuk, namun juga dijual dalam bentuk yang telah dilarutkan bahkan diencerkan sehingga harganya lebih murah, seperti kolkhisin yang tersedia di CV. Indo Biotech Agro dengan konsentrasi 100 ppm yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Sumber: Dokumentasi Penulis

Gambar 2.4  
**Kolkhisin**

Selain dari tanaman *Colchicum*, kolkhisin dapat ditemukan juga pada tanaman lain, yakni *Gloriosa superba* yang berasal dari *Genus Gloriosa* dan *Genus Marendra* (Sankar, *et.al.*, 2014:53; Shamsali, *et.al.*, 2013:82).

Berdasarkan uraian sebelumnya, kolkhisin tidak hanya terdapat pada *genus Colchicum* melainkan dari beberapa tanaman yang masih tergolong *genus Marendra* dan *Gloriosa*. Namun yang terdapat di pasaran dengan harga yang terjangkau hanya kolkhisin yang terbuat dari ekstrak *Genus Colchicum*, tepatnya *Colchicum autumnale*.

**b. Sifat Kolkhisin**

Kolkhisin bersifat mutagen pada makhluk hidup. Kolkhisin dapat menjadikan kromosom lebih terkondensasi (Koyani dan Saiyad, 2011:179). Lebih lanjut, menurut Mahyuni, *et.al.*, (2015:1816) “Kolkhisin dapat menyebabkan poliploidi”. Hal tersebut diperkuat oleh Suryo, (Aini, 2015:209) “Kolkhisin paling banyak digunakan untuk induksi poliploidi karena mudah larut dalam air dan efektif menginduksi poliploidi”. Kolkhisin berguna dalam menginduksi poliploidisasi jika konsentrasi yang digunakan dan waktu pemaparannya sangat lama terhadap sel. Lebih jelas, konsentrasi kolkhisin yang digunakan untuk poliploidisasi berkisar antara 0,01–0,05 % dengan lama pemaparan 12 jam (Sajjad, *et.al.*, 2013: 1255).

Selain bersifat sebagai zat penginduksi poliploidi, pada konsentrasi tertentu kolkhisin akan meningkatkan jumlah sel yang bermitosis, menginduksi kromosom untuk terus berkondensasi bahkan hingga kromosom tampak terpecah-pecah (tidak tumpang tindih) (Ploeg, 2000:15).

Berdasarkan uraian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa kolkhisin bersifat mutagen, dapat memberikan efek poliploid pada konsentrasi dan lama waktu tertentu serta menjadikan kromosom lebih terkondensasi.

### c. Pemanfaatan Kolkhisin

Berdasarkan hasil penelitian kolkhisin biasanya dimanfaatkan sebagai:

- a) reagen untuk memperjelas pengamatan fase-fase dalam mitosis. Kolkhisin digunakan untuk mengondensasikan kromosom dalam sitogenetika (Koyani dan Saiyad, 2011:179). Dari kutipan tersebut dengan adanya kondensasi kromosom yang disebabkan oleh kolkhisin menyebabkan fase mitosis semakin jelas teramati.
- b) zat untuk memengaruhi mutasi atau mengubah ploidi. Kolkhisin dapat menginduksi poliploidi dari suatu tanaman (Suminah *et.al.*, 2002:174). Dari kutipan tersebut, kolkhisin dapat digunakan untuk menjadikan kromosom pada suatu sel mengganda.
- c) zat terapeutik. Kolkhisin digunakan untuk kankerostatik, antirematik, antimitotik (pencegah pembelahan), antiinflamatori, katartik dan emetik (zat pembuat muntah) (Shamsali *et.al.*, 2013:82).

### d. Cara Kerja Kolkhisin Pada Sel

Pada konsentrasi tertentu dan lama pemaparan tertentu kolkhisin hanya dapat menjadikan kromosom lebih terkondensasi (Koyani dan Saiyad, 2011:179). Pemaparan kolkhisin pada sel dengan konsentrasi yang sangat tinggi dan waktu pajanan yang lama membuat efek poliploidisasi (Sajjad, *et.al.*, 2013: 1255). Lebih lanjut menurut Dewi dan Pharmawati (2018:153), “Kolkhisin

menyebabkan kromosom tidak memisah dari metafase ke anafase. Hal tersebut disebabkan karena tidak terbentuknya benang spindel sehingga kromosom mengganda tanpa penggandaan dinding sel”.

Kolkhisin secara spesifik mengikat dimer  $\alpha$  dan  $\beta$  tubulin dan menghambat pembentukan mikrotubulus, sehingga efek yang terjadi adalah penggandaan kromosom sel karena mikrotubulus gagal menarik kromosom ke daerah kutub (Farce *et.al.*, 2004:541). Selain itu, cara kerja kolkhisin pada sel menurut Fathurrahman (2016:22), “Diawali dengan terhambatnya pembentukan benang spindel pada profase, kemudian menghambat inti sel, menggagalkan pemisahan kromosom, menghalangi pembentukan anakan sel dan menghetikan pembelahan...”.

Berdasarkan uraian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa kolkhisin pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan pembelahan sel tidak teratur.

### **3. Pembelahan Sel**

Pembelahan sel merupakan proses yang berperan penting dalam keberlangsungan hidup suatu organisme. Dalam prosesnya, pembelahan sel dibagi menjadi dua, yakni pembelahan meiosis yang terjadi pada sel kelamin dan pembelahan mitosis yang terjadi pada sel-sel tubuh sel somatik. Kedua proses pembelahan tersebut dapat diamati fasenya. Namun, pengamatan fase mitosis lebih sering dipraktikkan dibandingkan dengan pengamatan fase meiosis. Hal tersebut dikarenakan

pembelahan sel secara mitosis menggunakan organ-organ vegetatif yang lebih mudah ditemukan dan mudah diterapkan ketika praktikum dibandingkan meiosis yang menggunakan organ generatif.

Pembelahan sel secara mitosis terjadi pada sel yang melakukan pertumbuhan, regenerasi atau reproduksi secara aseksual. Pembelahan sel tersebut akan menghasilkan dua sel baru dengan materi genetik yang identik dengan induknya (Syukur dan Sastrosumarjo, 2015:74). Menurut Crowder (terjemahan Kusdiarti, 2015:6), "Pada tanaman, mitosis terjadi selama 30 menit hingga beberapa jam dan proses tersebut terus-menerus dilakukan selama sel tanaman tersebut masih bersifat embrionik".

Proses pembelahan sel secara mitosis merupakan bagian yang berkaitan erat dengan siklus sel. Jangka waktu siklus sel lengkap dipengaruhi oleh kandungan DNA inti sel dan kegiatan metabolik umum sel seperti pernafasan (respirasi) (Syukur dan Sastrosumarjo, 2015:67). Siklus sel terdiri dari beberapa tahapan, yakni interfase dan mitotik. Interfase terdiri dari fase G<sub>1</sub>, S, dan G<sub>2</sub>, sedangkan fase mitotik terdiri dari mitosis dan sitokinesis (Wakim dan Grewal, 2019). Fase mitotik merupakan proses yang tersingkat dalam siklus sel. Sebaliknya, interfase merupakan fase terlama dalam siklus sel.

Berikut ini adalah uraian dari siklus sel:

#### **a. Interfase**

Interfase adalah keseluruhan kejadian antara akhir dari pembelahan sel hingga pembelahan sel selanjutnya (Aristya, *et.al.*,

2015: 34). Morgan (Aristya, *et.al.*, 2015:34) mengemukakan “Pada organisme eukariot, 90% proses di dalam siklus sel merupakan tahap interfase dan 10% berupa tahap mitosis”. Lebih lanjut Burn (Aristya, *et.al.*, (2015:34) mengemukakan “Waktu lamanya interfase tergantung pada jenis organisme, tipe jaringan, temperatur, dan faktor lingkungan”.

Ciri interfase adalah selaput nukleus masih membatasi nukleus, kromosom belum terkondensasi (Campbell, *et.al.*, 2012: 248). Lebih jelas, sel yang sedang berada pada tahap interfase memiliki satu atau dua nukleolus (Zou, *et.al.*, 2014: 13408). Tahap interfase dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Sumber: Campbell, *et.al.*, (2016:252)

Gambar 2.5  
**Interfase**

Pada dasarnya interfase memiliki tiga fase, yakni fase  $G_1$ , fase S, dan fase  $G_2$ . Lebih jelas menurut Campbell *et.al.*, (2012:247) “Fase  $G_1$  disebut juga dengan ‘*first gap*’, gap pertama, fase S disebut sebagai fase sintesis, sedangkan fase  $G_2$  disebut ‘*second gap*’, gap kedua”.

Lebih lanjut menurut Crowder (terjemahan Kusdiarti, 2015:6), “Ketiga fase tersebut terjadi secara berurutan”.

Pada fase  $G_1$  sel aktif mentranskripsi (sintesis RNA) dan menyintesis protein (translasi) yang bertujuan untuk membuat bahan protoplasma untuk anakannya kelak (Suharsono dan Nuryadin 2017:67). Lebih jelas, menurut Crowder (terjemahan Kusdiarti, 2015:6) “Fase  $G_1$  berlangsung selama 3 – 4 jam”. Setelah bahan yang dihasilkan pada fase  $G_1$  telah cukup untuk persiapan pembelahan, maka sel akan memasuki tahap selanjutnya yang dinamakan dengan tahap sintesis (S).

Pada fase S sel aktif menyintesis DNA (replikasi) sehingga tiap kromatin terbentuk DNA *double helix*, sintesis DNA selanjutnya akan diikuti dengan menggandanya protein histon yang berikatan dengan DNA (Suharsono dan Nuryadin, 2017:67). Lebih jelas menurut Crowder (terjemahan Kusdiarti, 2015:6) Fase S pada sel berlangsung selama 7 – 8 jam”.

Selanjutnya, pada fase  $G_2$  segala komponen sel termasuk kromatin akan menggandakan diri walaupun setiap kromatin masih berada pada satu sentromer. Protein tubulin akan berubah menjadi mikrotubul yang nantinya berfungsi dalam penarikan kromosom ke arah kutub yang berlawananan (Suharsono dan Nuryadin, 2017:67). Pada akhir fase  $G_2$ , terdapat  $G_2$  *check point* berupa pemeriksaan replikasi DNA. Jika terjadi krusakan DNA, maka akan dilakukan

perbaikan terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke tahap selanjutnya, yakni mitosis (Aristya, *et.al.*, 2015: 36). Lebih jelas menurut Crowder (terjemahan Kusdiarti, 2015:6), “Fase G<sub>2</sub> berlangsung selama 2–5 jam”.

Selama ketiga fase di interfase, sel mengalami pertumbuhan dengan cara menghasilkan protein dan organel. Namun, kromosom diduplikasi pada saat fase S. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa saat interfase sel sibuk dengan segala persiapan untuk mengadakan pembelahan.

Jika dilihat pada mikroskop, tahap interfase seperti tahap istirahat sel karena sel tidak memperlihatkan aktivitas pembelahan. Hal tersebut sejalan dengan Aristya, *et.al.*, (2015:35) “Fase G<sub>1</sub>, S, dan G<sub>2</sub> dinamakan tahap istirahat (interfase) karena sel tidak memperlihatkan aktivitas pembelahan”.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis menyimpulkan bahwa pada tahap interfase sel mengalami berbagai hal persiapan di antaranya replikasi DNA, transkripsi, translasi, dan duplikasi kromosom. Persiapan tersebut dimaksudkan agar sel anakan yang dihasilkan memiliki materi genetik yang utuh dan identik dengan induknya.

## **b. Mitosis**

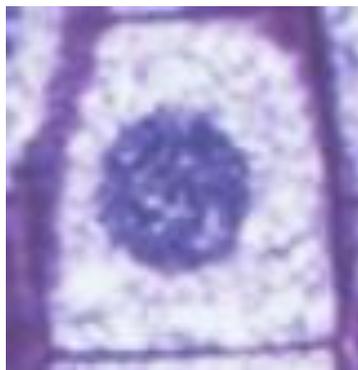
Setiap organisme tentu mengalami pertumbuhan. Pertumbuhan dikatakan sebagai proses bertambahnya ukuran, jumlah,

dan volume sel. Sebagaimana yang dikemukakan Aristya, *et.al.*, (2015:35) “Pertumbuhan suatu individu organisme, khususnya organisme multiseluler, ialah penambahan jumlah dan volume sel”. Pertambahan tersebut akibat adanya pembelahan sel dalam suatu organisme yang menghasilkan sel anakan dengan kandungan kromosom identik dengan induknya. Peristiwa pembelahan sel yang menghasilkan sel anakan dengan komposisi materi genetik yang sama dinamakan dengan mitosis (Campbell, *et.al.*, 2012:246).

Mitosis baru akan terjadi setelah tahap interfase berakhir, tepatnya ketika *Maturation Promoting Factor* (MPF) aktif (Aristya, *et.al.*, 2015:37). Lebih lanjut, MPF aktif terbentuk ketika *mitotic Cdk* (*cyclin dependent protein kinase*) berikatan dengan *mitotic cyclin* yang berada pada *G<sub>2</sub> check point*. Aktivasi MPF tersebut mengakibatkan kromosom berkondensasi, peluruhan membran, dan pergerakan kromosom (Aristya, *et.al.*, 2015:37).

#### 1) Profase

Tahap profase memiliki perbedaan yang cukup jelas dengan tahap interfase. Profase ditandai dengan kromatin yang berkondensasi dan nukleolus mulai lenyap (Campbell *et.al.*, 2016:243). Lebih jelas, pada profase serat-serat kromosom telah berkondensasi dan berkumpul disekitar nukleolus yang perlahan mulai menghilang (Zou, *et.al.*, 2014:13409). Tahap profase dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Sumber: Campbell, *et.al.*, (2016:252)

Gambar 2.6  
**Profase**

Selama profase tiap kromosom akan memendek dan menebal dan membran nukleus menghilang (Cano *et.al.*, 2006:10). Lebih jauh, Aristya, *et.al.*, (2015:37) mengemukakan “Pada profase akhir, nukleolus dan dinding nukleus telah benar-benar hilang“.

Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa tahapan profase ditandai dengan nukleolus yang mulai menghilang, selaput inti (nukleus) menghilang, dan serat-serat kromosom mulai berkondensasi.

#### **b) Metafase**

Setelah menyelesaikan tahap profase, selanjutnya sel akan mengalami tahap metafase. Pada saat metafase, kinetokor kromatid saudara melekat ke mikrotubulus kinetokor yang berasal dari kutub yang bersebrangan (Campbell, *et.al.*, 2012:248). Lebih jauh, Tamarin, 1999, (Aristya *et.al.*, 2015:38) menyatakan “Pada metafase kromosom yang berupa *sister*

*chromatids* bergerak menuju bidang pembelahan sehingga kromosom pada fase ini lebih mudah untuk diamati”. Sejalan dengan pernyataan Tamarin, Cano, *et.al.*, (2006: 10) mengemukakan, “Selama metafase, kromosom akan berjajar di bagian tengah gelendong mikrotubulus”. Tahap metafase dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Sumber: Campbell *et.al.*, (2016: 243)

Gambar 2.7  
**Metafase**

Selain itu, tahap metafase ditandai dengan mulai melekatnya sentromer pada benang spindel sentromer mulai melekat pada benang spindel. Kromosom berjejer di lempeng metafase, tepatnya di bidang ekuator (Haryono, 2018:40). Tahap metafase dapat dilihat pada Gambar 2.7. Lebih lanjut, menurut Setyawan dan Sutikno (2000:24), “Tahap metafase paling mudah ditemukan, karena pada fase tersebut kromosom berkumpul sehingga meskipun ukurannya kecil tetap masih dapat dilihat”.

Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa pada tahap metafase kromosom telah melekat pada benang spindel dan berkumpul atau berformasi di tengah sel. Pada kondisi inilah kromosom mudah diamati dan dihitung. Setelah itu kromosom mulai berjejer di bidang khayal sel, di antara kutub yang berlawanan.

c) Anafase

Tahapan anafase merupakan tahapan mitosis yang sangat cepat dibandingkan dengan tahap mitosis lainnya (Campbell, *et.al.*, 2012:249). Lebih lanjut Campbell, *et.al.*, (2012:249) mengemukakan “Anafase berawal ketika kompleks protein yang disebut kohesin terbelah yang memungkinkan kromatid saudara terpisah secara tiba-tiba dan setiap kromatid menjadi satu kromosom yang utuh”. Anafase dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Sumber: Campbell *et.al.*, (2016: 243)

Gambar 2.8  
**Anafase**

Selain itu, pada tahap anafase kedua kromosom saudara bergerak ke arah kutub yang berlawanan saat mikrotubulus kinetokor memendek (Crowder dalam terjemahan Kusdiarti, 2015:9). Menurut Campbell *et.al.*, (2012:248) “Pada saat akhir anafase kedua kutub memiliki komposisi kromosom yang sama dan lengkap”. Anafase ditandai dengan kromosom bergerak menuju kutub (Zou, *et.al.*, 2014:13409).

Pendapat yang sama dikemukakan juga oleh Cano *et.al.*, (2006:10), “Saat anafase, dua kromatid dari masing-masing kromosom yang telah direplikasi akan ditarik ke kutub-kutub sel yang berbeda akibat adanya depolimerisasi yang mikrotubulus pada aparatus gelendong yang menempel di sentromer”. Pada saat anafase juga, kromosom tampak seperti huruf V atau J dengan ujung yang bersentromer mengarah ke kutub (Syukur dan Sastrosumarjo, 2015:79).

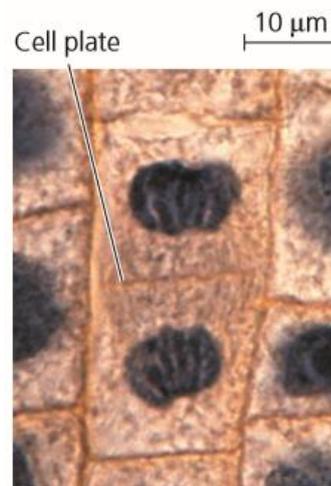
Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa ciri tahap anafase adalah masing-masing kromosom bergerak menuju kutub yang berlawanan. Pergerakan tersebut disebabkan karena kompleks kohesin terbelah.

#### d) Telofase

Telofase atau disebut juga dengan tahap pembentukan sel anak, merupakan tahap yang sedikit tumpang tindih dengan pembelahan sitoplasma (sitokinesis) (Campbell, 2012: 249).

Senada dengan Campbell *et.al.*, Crowder (terjemahan Kusdiarti, 2015:9) mengemukakan “Pada tahap pembentukan sel anak, sekat sel terbentuk kembali dan sel membelah menjadi dua sel anak”. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ketika tahap telofase berlangsung, tahap sitokinesis pun mulai terjadi.

Menurut Campbell, *et.al.*, (2012:249) “Tahap telofase ditandai dengan terbentuknya dua nukleus anakan di dalam sel, selaput nukleus dan nukleolus muncul kembali dan kromosom menjadi kurang terkondensasi”. Tahap telofase tercantum pada Gambar 2.9.



Sumber: Campbell *et.al.*, (2016: 243)

Gambar 2.9  
**Telofase**

Pada tahap telofase, spindel akan menghilang, kemudian akan terbentuk membran nukleus dan nukleolus, selanjutnya dibagian tengah sel terdapat dinding pemisah sehingga sel akan membelah menjadi dua bagian yang identik (Aristya *et.al.*, 2015:

38). Senada dengan Aristya *et.al.*, Syukur dan Sastrosumarjo (2015:79) mengemukakan “Pada tahap telofase, sel membelah menjadi dua dengan terbentuknya dinding sel yang baru di bidang ekuator yang membagi sitoplasma menjadi dua”. Setelah telofase berakhir sel akan mengalami tahap interfase kembali, struktur kromosom mengalami istirahat dan proses mitosis dianggap telah selesai ( Zou, *et.al.*, 2014:13409),

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa ciri utama untuk mengenali tahap telofase adalah mulai terbentuknya dua sel anakan dengan nukleolus muncul kembali, membran nukleus dan nukleus muncul kembali dan terbentuknya sekat yang membagi sel menjadi dua.

### c. Sitokinesis

Sitokinesis atau pembelahan sitoplasma biasanya telah berlangsung cukup jauh pada akhir telofase, sehingga kedua sel anakan muncul tidak lama setelah mitosis berakhir. Hal tersebut sejalan dengan Cano *et.al.*,(2006: 10), “Sitokinesis dimulai pada tahap telofase, yaitu pada saat kromosom melepaskan lilitannya dan terbentuk membran nukleus baru mengelilingi kromosom pada masing-masing kutub sel”. Menurut Campbell, *et.al.*, (2012:252) “Pada sel tumbuhan lempeng sel akan membelah sitoplasma menjadi dua ke arah tepi sel induk”. Selain itu, semua materi dalam sitoplasma

membelah dan pindah ke sel anak (Crowder dalam terjemahan Kusdiarti, 2015:9)

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sitokinesis adalah bagian dari fase mitotik sel yang ditandai dengan membelahnya sitoplasma dan komponennya menjadi dua sel anak yang identik.

#### 4. Indeks Mitosis

Indeks mitosis adalah perbandingan jumlah sel yang mengalami fase pembelahan baik profase, metafase, anafase, dan telofase dengan total sel yang diamati (Abidin, 2014:573). Penggunaan perhitungan indeks mitosis digunakan untuk mengukur sitotoksitas pada organisme hidup (Chidambaram, *et.al.*, 2009:17). Selain itu, indeks mitosis juga digunakan untuk mengetahui persentase sel pada suatu populasi yang sedang mengalami pembelahan (Geladi dan Dunberg, 1998:1749). Perhitungan indeks mitosis menurut Sethi dan Rath (2017:12) adalah sebagai berikut:

$$MI = \frac{\text{Prophase} + \text{Metaphase} + \text{Anaphase} + \text{Telophase}}{\text{Total number of cell}} \times 100$$

Metode preparasi yang paling umum digunakan untuk mengamati aktivitas mitosis adalah metode *squash* pada ujung akar tanaman. Secara umum tahapan dalam pembuatan preparat mitosis dengan metode *squash* yaitu tahap fiksasi, tahap maserasi, tahap pewarnaan, dan tahap pemencetan/*squashing* (Muhlisyah, *et.al.*, 2014:49; Aristya, *et.al.*, 2015:57). Lebih jauh, agar kromosom yang akan diamati terkondensasi, maka perlu adanya zat pengondensasi yang diberikan sebelum fiksasi dilakukan (praperlakuan).

Praperlakuan dilakukan setelah ujung akar tanaman dipotong sepanjang  $\pm 1$  cm, kemudian cuplikan akar direndam pada kolchisin dengan konsentrasi yang berbeda-beda untuk setiap umbi. Setelah direndam cuplikan akar dicuci sebanyak tiga kali menggunakan akuades. Menurut Aristya *et.al.*, (2015: 56) “Tahap praperlakuan bertujuan untuk menghentikan pembelahan mitosis pada saat kromosom menyebar dan membuat kromosom berkontraksi sehingga kromosom mudah diamati”. Zat yang dapat mengondensasikan kromosom adalah kolchisin (Koyani dan Saiyad, 2011:179).

Tahap selanjutnya adalah tahap fiksasi. Menurut Setyawan dan Sutikno (2000:23), “Tahap fiksasi bertujuan untuk menghentikan aktivitas sel secara paksa dengan cara merusak protein dan asam nukleat”. Kromosom yang telah difiksasi akan mengerut, mengeras, dan mengendap serta tetap berada di posisi semula ketika masih hidup. Selain itu, fiksasi dapat meningkatkan indeks bias sehingga memperjelas kromosom saat diamati di bawah mikroskop dan mengakibatkan daya serap sel terhadap pewarna menjadi cepat (Aristya, *et.al.*, 2015:56).

Fiksasi menggunakan larutan asam asetat glasial 45%. Larutan tersebut dibuat dengan mencampurkan 45 ml asam asetat glasial pada 55 ml akuades. Menurut Aristya, *et.al.*, (2015:56), “Suhu yang digunakan untuk fiksasi sel adalah  $4^{\circ}\text{C}$ ”. Waktu yang diperlukan untuk fiksasi selama 15 menit. Selanjutnya setelah proses fiksasi selesai, cuplikan akar kemudian dicuci lagi menggunakan akuades sebanyak tiga kali.

Tahap selanjutnya adalah maserasi yang bertujuan untuk meluruhkan lamela tengah pada dinding sel (Aristya, *et.al.*, 2015:56). Menurut Setyawan dan Sutikno (2000:23), “Maserasi yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan daya serap pewarna terhadap kromosom dan menyebabkan kromosom terurai karena protein dan asam nukleatnya rusak”. Tahap maserasi menggunakan asam klorida (HCl) 1 N ( 5 ml HCl pekat dalam 55 ml akuades) pada suhu 55<sup>0</sup>C selama 5 menit. Setelah tahap maserasi selesai, cuplikan akar dicuci menggunakan akuades sebanyak tiga kali.

Setelah lapisan dinding sel jaringan meristematik hanya selapis, maka tahapan selanjutnya adalah proses pemulasan atau pewarnaan. Pewarnaan dilakukan dengan cara cuplikan akar direndam pada pewarna asetokarmin 2%. pada suhu kamar selama 1 jam.

Cuplikan akar yang telah diwarnai selanjutnya dipotong hingga menyisakan ujung akar yang berwarna gelap (bagian meristematik) sepanjang  $\pm 2-3$  mm dan diletakkan pada kaca objek menggunakan tusuk gigi. Selanjutnya cuplikan ditetesi dengan gliserin 1 tetes dan ditutupi dengan kaca penutup. Menurut Aristya, *et.al.*, (2015:57), “Pemberian gliserin bertujuan untuk memudahkan pada saat pemencetan, menaikkan indeks bias serta mempertahankan preparat dalam keadaan basah, karena jika preparat dalam keadaan kering maka akan rusak”. Selanjutnya cuplikan ditutup dengan kaca penutup secara perlahan agar tidak bergelembung dan dilakukan pemencetan (*squashing*) menggunakan tusuk

gigi dan disebarkan secara merata. Agar preparat yang terbentuk tidak bergeser maka di sekeliling kaca penutup diolesi dengan cat kuku bening (kuteks). Kemudian preparat diberi label dan preparat siap diamati.

## **B. Penelitian yang Relevan**

Penelitian terdahulu yang menggunakan kolkhisin lebih banyak ditujukan pada aktivitas membuat poliploidi dan karakterisasi kromosom berbagai jenis tumbuhan seperti anggrek, kacang hijau, bawang putih, pacar air, bawang merah, zaitun, stroberi, dan kedelai hitam. Konsentrasi kolkhisin yang digunakan untuk poliploidisasi berkisar antara 0,01–0,05 % selama 12 jam (Sajjad, *et.al.*, 2013: 1255). Sedangkan konsentrasi kolkhisin yang digunakan untuk karakterisasi kromosom adalah 0,2% selama 2-4 jam menurut (Etikawati, *et.al.*, 1999: 14)

Selain digunakan untuk poliploidisasi kolkhisin juga digunakan sebagai reagen praperlakuan dalam pengamatan mitosis agar kromosom menjadi terkondensasi. Berdasarkan hasil penelitian Koyani dan Saiyad, (2011: 177) “Pajanan kolkhisin mampu mengondensasikan kromosom yang berasal dari limfosit”.

## **C. Kerangka Berpikir**

Semua makhluk hidup dari yang sederhana hingga makhluk hidup yang memiliki kompleksitas tinggi dibangun atas sel. Banyak aspek yang dapat dipelajari dari suatu sel, baik aspek morfologis, fisiologis, maupun genetika molekularnya. Aspek morfologis berkaitan erat dengan fisiologis atau cara kerja sel. Sementara aspek genetika molekular lebih terfokus pada materi

genetik yang terkandung pada sel yang nantinya sebagian materi genetik tersebut akan diwariskan kepada keturunannya.

Lebih lanjut, aspek genetika molekular yang dapat dipelajari dari suatu sel di antaranya adalah struktur kromosom, segmen DNA yang mengkode gen, dan regulasi ekspresi gen. Namun, hal yang paling mendasar untuk dipelajari sebelum mendalami bagian yang lebih spesifik dari genetika molekular adalah struktur kromosom, karena pada kromosomlah gen-gen yang akan diwariskan dari organisme satu ke organisme yang lainnya berada.

Struktur kromosom yang dipelajari dapat dikembangkan untuk mempelajari tingkat ploidisasi, struktur kariotipe, dan identifikasi fase-fase mitosis sel. Identifikasi fase mitosis merupakan suatu kegiatan praktikum yang dituntut di jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA). Bagian yang diamati adalah fase mitosis yang terjadi pada bagian meristem akar bawang merah (*Allium ascalonicum*). Namun, praktikum pengamatan fase-fase mitosis ujung akar bawang merah ini tidak begitu memperhatikan varietas bawang yang digunakan dan tidak dilakukan pemberian zat yang dapat mengondensasi kromosom, sehingga setiap kali praktikum pengamatan kromosom sedikit sekali fase-fase yang dapat ditemukan pada jaringan akar tersebut bahkan selnya pun tidak terlihat jelas.

Pengamatan fase mitosis dapat dengan mudah diamati apabila beberapa tahap dipenuhi, yakni tahap praperlakuan, tahap fiksasi, tahap maserasi, tahap pewarnaan, dan tahap pemencetan. Tahap praperlakuan dibutuhkan untuk

membuat kromosom yang ada dalam sel terkondensasi. Larutan yang digunakan untuk praperlakuan ini biasanya memakai larutan kolkhisin.

Diduga bahwa pemberian kolkhisin, yakni dengan melakukan perendaman kolkhisin pada ujung akar bawang merah setelah dipotong mampu meningkatkan jumlah fase mitosis dan mengondensasikan kromosom dengan menjadikan kromosom tersebut memendek, menebal, terpecah-pecah, dan tidak tumpang tindih, sehingga fase mitosis dapat ditemukan dan diamati dengan mudah. Semakin banyak jumlah fase mitosis yang ditemukan pada cuplikan ujung akar bawang merah, semakin tinggi juga indeks mitosisnya. Oleh karena itu, kolkhisin dapat digunakan sebagai zat praperlakuan agar membantu proses pengondensasian kromosom dan meningkatkan indeks mitosis.

Pada penelitian ini, peneliti membandingkan indeks mitosis bawang merah (*Allium ascalonicum* var. *Bima Brebes*) yang diberi perlakuan kolkhisin dengan konsentrasi berbeda dengan bawang merah (*Allium ascalonicum* var. *Bima Brebes*) tanpa pemberian kolkhisin. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti menduga terdapat pengaruh konsentrasi kolkhisin terhadap indeks mitosis bawang merah (*Allium ascalonicum* var. *Bima Brebes*).

**D. Hipotesis**

- H<sub>0</sub> : Tidak terdapat pengaruh konsentrasi kolkhisin terhadap indeks mitosis bawang merah (*Allium ascalonicum* var. *Bima Brebes*).
- H<sub>a</sub> : Terdapat pengaruh konsentrasi kolkhisin terhadap indeks mitosis bawang merah (*Allium ascalonicum* var. *Bima Brebes*).