

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Belajar Konsep

Salah satu klasifikasi pengetahuan yang sangat penting dalam pembelajaran sains adalah konsep. I Made Alit M., Jenins dan Whitefield menyatakan bahwa sains merupakan rangkaian konsep dan skema konseptual yang saling berhubungan dan dikembangkan dari rangkaian hasil eksperimen²⁶. Oleh karena itu, berbagai teori mengenai konsep banyak dikemukakan dan dikembangkan oleh para ahli.

a. Pengertian Belajar

Belajar merupakan perubahan baik dalam tingkah laku ataupun penampilan dengan serangkaian kegiatan yang dilakukan atau dialami langsung oleh subjek belajar yang tidak hanya bersifat verbalistik saja²⁷. Ahli pendidikan lain memandang pengertian belajar dari segi manfaat, yakni sebagai proses perubahan manusia ke arah tujuan yang lebih baik dan bermanfaat bagi dirinya dan orang lain. Sedangkan ahli psikologi memandang belajar sebagai perubahan yang dapat dilihat saja tanpa

²⁶ Zulfiani,dkk., *Strategi Pembelajaran Sains*, (Jakarta:Lembaga Penelitian UIN Jakarta, 2009), hlm.46

²⁷ Sardiman, A.M., *Interaksi dan Motivasi Belajar Mengajar*, (Jakarta :rajawali pers, 2012) hlm.20

memandang manfaat yang dihasilkan setelahnya²⁸. Dapat dipahami bahwa pengertian belajar adalah proses perubahan seseorang melalui kegiatan yang dialami subjek belajar yang hasilnya dapat bermanfaat bagi diri sendiri maupun orang lain.

b. Konsep

1) Pengertian Konsep

Konsep merupakan salah satu bagian dari klasifikasi pengetahuan yang mengacu pada pengertian, definisi, ciri khusus, komponen atau bagian dari suatu objek²⁹. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), konsep adalah ide atau pengertian yang berasal dari peristiwa nyata tetapi diabstrakkan³⁰. Sejalan dengan pengertian tersebut, Dahar menyatakan bahwa konsep merupakan suatu abstraksi mental yang mewakili satu kelas stimulus-stimulus yang dapat menyebabkan seseorang menampilkan perilaku-perilaku tertentu jika mempelajarinya³¹. Maka definisi konsep ialah salah satu klasifikasi pengetahuan yang terbentuk dari abstraksi peristiwa konkret yang mengacu pada pengertian, definisi, ciri khusus, komponen atau bagian dari suatu objek.

²⁸ Baharuddin dan esa nur wahyuni, *Teori Belajar dan Pembelajaran*, (Jogjakarta: ar-ruzz media, 2007), hlm.14-15

²⁹ Zulfiani,dkk., *Strategi...*, hlm. 37-38

³⁰ Tim penyusun kamus, *kamus besar Bahasa Indonesia* (Jakarta:balai pustaka, 2002), hlm.588

³¹ Ratna Wilis Dahar, *Teori-Teori Belajar dan Pembelajaran*, (Jakarta: Erlangga, 2011), hlm.64

2) Perolehan Konsep

Ausubel menyatakan bahwa konsep dapat diperoleh dari proses pembentukan konsep dan asimilasi konsep³². Menurut Gagne pembentukan konsep merupakan belajar konsep konkret seseorang sebelum mengalami pembelajaran formal di sekolah³³. Pembentukan konsep adalah proses induktif seseorang dalam pengabstraksian atribut tertentu dengan cara belajar penemuan baik secara sederhana maupun kompleks³⁴. Maka, pembentukan konsep dapat diartikan sebagai proses induktif dari pengalaman konkret seseorang dalam pengabstraksian atribut tertentu.

Asimilasi konsep adalah cara utama seseorang untuk memperoleh konsep selama dan sesudah konsep dengan cara mengaitkan pengetahuan yang diperoleh secara konkret dengan pengetahuan yang ada dalam struktur kognitifnya³⁵. Asimilasi konsep berlawanan dengan pembentukan konsep karena sifatnya deduktif yaitu terdiri dari proses pemberian definisi formal akan konsep yang telah ia bentuk sebelumnya³⁶. Dapat dipahami bahwa asimilasi konsep merupakan proses lanjutan dari pembentukan konsep karena didalamnya terdapat proses pengaitan pengetahuan siswa dari pengalaman konkret dengan definisi formal yang diberikan dalam proses pembelajaran formal.

³² Ibid

³³ Zulfiani,dkk., *Stategi.....*, hlm.28

³⁴ Ratna Wilis Dahar, *Teori....*, hlm. 66

³⁵ Zulfiani,dkk....., hlm.28

³⁶ Ratna Wilis Dahar, *Teori....*, hlm.65

3) Belajar Konsep

Belajar konsep adalah belajar dengan cara menentukan atribut objek yang dipelajari kemudian menempatkannya dalam klasifikasi tertentu yang prosesnya dipengaruhi oleh kemampuan seseorang dalam mengabstraksi objek tersebut³⁷. Pendapat lain yang senada menyatakan bahwa belajar konsep dilakukan dengan cara merumuskan lambing, benda, dan peristiwa dengan cara mengamati ciri-cirinya melalui proses mental³⁸. Dahar menyatakan bahwa belajar konsep merupakan hasil utama pendidikan karena terdiri dari proses pengategorian berbagai stimulus yang dihadapi siswa yang sedang belajar³⁹. Berdasarkan pendapat para ahli ini, dapat dipahami bahwa belajar konsep adalah proses pengategorisasian atribut atau ciri objek tersebut dan kemudian menempatkannya dalam klasifikasi tertentu.

Salah satu tujuan belajar adalah untuk memberikan penanaman konsep pada subjek belajar dalam hal ini yaitu siswa⁴⁰. Belajar dapat terjadi melalui dua bentuk, yaitu rote learning atau belajar hafalan dan meaningful learning atau belajar bermakna. Belajar hafalan terjadi ketika siswa tidak berusaha untuk membuat proposisi antara konsep baru dengan pengetahuan awal yang ia miliki sehingga yang terjadi

³⁷ Wina sanjaya, *Perencanaan dan Desain Sistem Pembelajaran*, (Jakarta: Kencana, 2011), hlm.162.

³⁸ Rusman, *Belajar dan Pembelajaran Berbasis Komputer*, (Bandung: Alfabeta, 2012), hlm.98

³⁹ Ratna Wilis Dahar, *Teori....*, hlm.62.

⁴⁰ Sardiman, A.M., *Interaksi....*, hlm.27

hanyalah pembelajaran permukaan saja⁴¹. Dapat diartikan saat mendapatkan konsep baru siswa hanya menghafal istilah-istilah saja tanpa menghubungkan konsep tersebut dengan konsep lain yang ia miliki, secara tegas Dahar menyebutkan bahwa dalam belajar hafalan tidak terjadi proses asimilasi konsep, sehingga siswa tidak dapat memahami konsep yang sebenarnya⁴². Siswa yang hanya belajar dengan menghafal seringkali memiliki pemahaman yang salah atau miskonsepsi, karena ia tidak berusaha merekonstruksi pemahamannya dengan konsep yang benar⁴³.

Sedangkan menurut Ausubel belajar bermakna merupakan proses pengaitan informasi yang melibatkan proses asimilasi konsep, dimana informasi baru dikaitkan dengan konsep-konsep relevan yang ada pada struktur kognitif seseorang⁴⁴. Pendapat senada menyatakan bahwa belajar bermakna terjadi ketika siswa berusaha mencari hubungan dan proporsi antara konsep baru dengan pengetahuan awal yang ia miliki agar tercipta pembelajaran yang mendalam⁴⁵. Dari kedua pengertian diatas, dapat dipahami bahwa proses belajar konsep yang baik harus mampu merangsang siswa untuk menghubungkan berbagai informasi baru dengan konsep yang telah dimiliki agar tercipta pembelajaran yang bermakna dan mendalam.

⁴¹ Joel J Mintzes, et.al. *Assessing Science Understanding*, (California; Elsevier Academic Press, 2005), hlm.3

⁴² Ratna Wilis Dahar, *Teori....*, hlm.97

⁴³ Joel J. mintzes, et.al, *Assessing....*, hlm.3

⁴⁴ Ratna Wilis Dahar, *Teori....*, hlm.96

⁴⁵ Joel J. Mintzes, et.al, *Assessing....*, hlm.3

4) Pemahaman Konsep

Pemahaman atau *comprehension* merupakan salah satu unsur psikologis dalam belajar yang mengharuskan siswa untuk mengerti secara mental makna dan aplikasi dari konsep sehingga siswa dapat memahami konsep secara menyeluruh⁴⁶. Pendapat lain menyatakan bahwa pemahaman adalah produk dari pembentukan konseptual yang berasal dari kebutuhan untuk melakukan pemaknaan pada objek ataupun kejadian yang nyata⁴⁷. Siswa yang memahami konsep secara menyeluruh harus mengetahui berbagai atribut yang dimiliki suatu objek serta hubungan dengan objek lain. Akan tetapi setelah mempelajari konsep, siswa tidak selalu bisa memahami konsep sesuai dengan tujuan pembelajaran. Kemungkinan yang dapat terjadi saat siswa mempelajari konsep diantaranya : siswa tidak memahami, samar-samar, segera lupa atau sebagian lupa, dan benar-benar memahami⁴⁸. Abraham mengemukakan enam derajat atau tingkatan pemahaman dalam menjawab soal uraian untuk mengetahui pemahaman siswa terhadap konsep . kriteria tersebut dapat dilihat pada tabel berikut⁴⁹.

Tabel 2.1 Derajat Pemahaman Siswa Abraham

| No | Derajat Pemahaman | Kriteria Penilaian |
|----|-------------------|--|
| 1 | Tidak ada respon | Kosong Tidak tahu Tidak mengerti |

⁴⁶ Sardiman, *Interaksi....*, hlm.43

⁴⁷ Joel J Mintzes, et.al.*Assesing....*, hlm.42

⁴⁸ Rachmadi Widdiharto, *Diagnosis Kesulitan Belajar Matematika Alternative Proses Remedinya*, (Yogyakarta: Depdiknas, Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Matematika, 2008), hlm. 14

⁴⁹ Michael R Abraham, et al., "Understanding And Misunderstanding Of Eight Graders Of Five Chemistry Concept Found In Textbooks", *Journal of Research in Science Teaching*.29, 1992, hlm.112

| | | |
|---|--------------------------------------|--|
| 2 | Tidak paham | Mengulangi pertanyaan Respon tidak jelas |
| 3 | Miskonsepsi utuh | Respon menunjukkan ketidaklogisan atau informasi yang diberikan tidak jelas |
| 4 | Paham sebagian dengan miskonsepsi | Respon menunjukkan pemahaman konsep tetapi juga miskonsepsi |
| 5 | Paham sebagian | Respon yang diberikan memberikan komponen yang diinginkan tetapi belum lengkap |
| 6 | Paham secara lengkap | Respon yang diberikan meliputi semua komponen yang diinginkan |

Jawaban siswa tersebut kemudian dapat dianalisis untuk menilai bagaimana dalam menjawab soal. Abraham mengelompokkan kategori siswa dalam menjawab soal dalam tiga kategori, yakni kategori paham yang terdiri dari kategori paham secara lengkap dan paham sebagian, miskonsepsi yang terdiri dari kategori paham dengan sebagian miskonsepsi dan miskonsepsi, dan tidak paham konsep⁵⁰.

2. Miskonsepsi

Konsepsi secara bahasa memiliki arti pendapat (paham)⁵¹ Jika didasarkan pada arti kata konsep, maka konsepsi adalah pemahaman seseorang yang terbentuk dari abstraksi peristiwa konkret dari suatu konsep objek tertentu. Konsepsi kemudian dikembangkan menjadi beberapa istilah penting, yaitu istilah prakonsepsi dan miskonsepsi.

⁵⁰ Ibid, hlm.113-114

⁵¹ Tim Penyusun Kamus, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta: Balai Pustaka, 2002), hlm.588

a. Pengertian Prakonsepsi

Seseorang dapat memperoleh pengetahuan awal tentang sains berdasarkan pengalaman dalam kehidupan sehari-hari yang disebut prakonsepsi. Sebagaimana dengan pendapat ahli yang ditulis dalam buku *Misconceptions in Chemistry* yaitu, “*Ideas that are developed without having any prior knowledge of the subject are not necessarily wrong but can be described as alternative, original or precepts*”.⁵²

Paul Suparno menyebutkan bahwa prakonsepsi adalah konsep awal yang dimiliki siswa yang dapat berasal dari orangtua, teman, sekolah awal, dan pengalaman di lingkungan siswa.⁵³ Seorang anak dapat mengkonstruksi sendiri pengetahuan awalnya dari peristiwa informal ataupun percobaan yang ia alami. Pengetahuan awal ini juga dapat diistilahkan sebagai prakonsepsi atau *prior ideas*.

“*Since the prior ideas of students gained, in order to facilitate meaningful learning it is preferable that at the start of a topic or lesson teachers try to discover their pupils’ current ideas that are relevant to the science concepts that are about to be introduced*”.⁵⁴

Prakonsepsi ini harus difasilitasi dengan tuntunan pengajaran yang bermakna agar dapat relevan dengan konsep ilmiah yang benar. Maka dapat dipahami bahwa prakonsepsi adalah konsepsi awal siswa yang

⁵² Hans-Dieter Barke, Al Hazari, Sileshi Yitbarek, *Misconceptions in Chemistry*, (Verlag Berlin Heidelberg: Springer, 2009), hlm.21

⁵³ Paul Suparno, *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*, (Jakarta: PT Grasindo, 2005), h.34-35

⁵⁴ Michael Allen, *Misconceptions in Primary Science*, (New York: Open University Press, 2010), hlm.4

berasal dari pengalaman awal yang ia alami dan dapat dipengaruhi oleh lingkungan sebelum mendapatkan pembelajaran secara formal.

b. Pengertian Miskonsepsi

Miskonsepsi disebut juga salah konsep karena menunjuk pada suatu konsep yang tidak sesuai pengertian ilmiah yang diterima ahli pada bidang tersebut.⁵⁵ *Biological Sciences Curriculum Study (BSCS)* menggunakan istilah konsepsi pendahulu untuk menggambarkan konsepsi siswa yang ada di luar pemahaman ilmiah terhadap fenomena.⁵⁶ Dari kedua pernyataan ini dapat dipahami bahwa miskonsepsi atau konsep pendahulu merupakan konsepsi siswa yang salah atau tidak sesuai pengertian ilmiah terhadap suatu fenomena.

Manusia secara terus-menerus membangun model pemikirannya sendiri dari dunia di sekitar mereka agar menjadi masuk akal (*constructivism*). *“If these constructions conflict with accepted scientific ideas they are misconceptions, and act as a barrier, preventing successful learning in science”*.⁵⁷ Miskonsepsi adalah suatu keadaan saat proses konstruk tersebut bertentangan dengan konsepsi para ahli, sehingga akan menjadi penghalang terjadinya pembentukan pengetahuan sains yang benar. Novak menyatakan bahwa miskonsepsi adalah pemahaman salah yang dimiliki siswa pada setiap *domain* pengetahuan yang seringkali berasal dari

⁵⁵ Paul Suparno, *Miskonsepsi dan.....*, hlm. 4

⁵⁶ National Science Teachers Association, *Buku Pedoman Guru Biologi Edisi ke-4*, (Jakarta Barat: PT. Indeks, 2013), hlm.30

⁵⁷ Michael Allen, *Misconceptions in.....*, hlm. 6.

proses belajar hafalan.⁵⁸ Berdasarkan penjelasan-penjelasan ini maka miskonsepsi dapat diartikan sebagai konsepsi siswa yang tidak sesuai dengan konsepsi para ahli yang terbentuk melalui proses konstruk terhadap suatu fenomena, sehingga dapat menjadi penghalang terbentuknya pengetahuan sains yang benar.

b. Sifat Miskonsepsi

Miskonsepsi merupakan sebuah penghambat proses konstruksi konsepsi ilmiah terutama dalam pembelajaran sains. Berdasarkan hasil suatu penelitian, Driver mengemukakan hal-hal mengenai sifat miskonsepsi sebagai berikut:

- 1) Miskonsepsi bersifat pribadi. Bila dalam suatu kelas anak-anak disuruh menulis tentang percobaan yang sama (misalnya hasil demonstrasi guru), mereka memberikan berbagai interpretasi. Setiap anak melihat dan menginterpretasikan eksperimen itu menurut caranya sendiri. Setiap anak mengonstruksi kebermaknaannya sendiri.
- 2) Miskonsepsi memiliki sifat yang stabil. Kerap kali terlihat bahwa gagasan ilmiah ini tetap dipertahankan anak, walaupun guru sudah memberikan suatu kenyataan yang berlawanan.
- 3) Bila menyangkut koherensi, anak tidak merasa butuh pandangan yang koheren sebab interpretasi dan prediksi tentang peristiwa-peristiwa alam praktis kelihatannya cukup memuaskan. Kebutuhan akan koherensi dan kriteria untuk koherensi menurut persepsi anak tidak

⁵⁸ Joel J. Mintzes, *et. al.*, *Assessing.....*, hlm.3.

sama dengan yang dipersepsi ilmuwan.⁵⁹

c. Penyebab Miskonsepsi

Penelitian mengenai penyebab miskonsepsi sudah banyak dilakukan. Secara garis besar, penyebab miskonsepsi yang dialami siswa yaitu berasal dari siswa, konteks, guru, metode mengajar, serta buku teks.⁶⁰ Pengalaman dan kejadian sehari-hari siswa merupakan salah satu penyebab miskonsepsi yang berasal dari siswa secara kontekstual. Pengalaman dapat membentuk konsep pengetahuan yang cukup kuat karena langsung dialami oleh siswa itu sendiri. Hal ini sesuai dengan pendapat Ceren Tekkaya yaitu, “*Misconceptions may originate from certain experiences that are commonly shared by many students*”.⁶¹ Selain itu, kemampuan, tahap perkembangan, minat serta cara berpikir juga merupakan faktor-faktor yang terdapat dalam diri siswa yang dapat menghadirkan miskonsepsi bagi siswa tersebut.⁶² Penyebab miskonsepsi yang berasal dari konteks atau situasi nyata yaitu berasal dari budaya, agama, bahasa sehari-hari.

Penyebab miskonsepsi selanjutnya yaitu dapat juga berasal dari guru. Ceren Tekkaya menyatakan bahwa miskonsepsi dapat terjadi karena disebabkan oleh guru yang melakukan kesalahan dalam proses pembelajaran. Penyebab miskonsepsi lain dari guru yaitu kurangnya penguasaan guru akan materi serta sikap guru yang tidak berhubungan baik

⁵⁹ Ratna Wilis Dahar, *Teori.....*, hlm.154.

⁶⁰ Paul Suparno, *Miskonsepsi dan.....*, hlm.29

⁶¹ Ceren Tekkaya, “*Misconceptions as Barrier to Understanding Biology*”, *Journal of Hacattepe Universitesi Egitim Fakultasi Dergisi*, 23, 2002, hlm.260

⁶² Paul Suparno, *Miskonsepsi dan.....*, hlm.29

dengan siswa. Jika hal ini terus terjadi, maka miskonsepsi akan terus terulang selama guru tersebut mengajarkan konsep yang salah dalam setiap proses pengajaran dan siswa yang miskonsepsi pun akan semakin bertambah.

Metode mengajar dapat menjadi salah satu penyebab miskonsepsi. Metode belajar yang menekankan belajar secara hafalan dapat menjadi salah satu pemicu miskonsepsi karena siswa tidak distimulus untuk menghubungkan berbagai konsep secara mendalam.⁶³

Miskonsepsi pada siswa ternyata juga dapat disebabkan oleh buku teks yang dipelajari siswa. Penyebab miskonsepsi dari buku teks biasanya disebabkan oleh penjelasan atau uraian yang salah dalam buku tersebut. Jika guru menggunakan buku teks sebagai satu-satunya sumber informasi maka miskonsepsi yang terdapat di dalam buku teks akan akan dipindahkan dari guru ke siswa.

Menurut Driver, terbentuknya miskonsepsi dalam pembelajaran khususnya dalam tingkatan dasar, banyak disebabkan oleh cara dan tipe anak dalam menerima ilmu pengetahuan. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi terbentuknya miskonsepsi pada anak tersebut, diantaranya yaitu⁶⁴:

- 1) Terbentuknya miskonsepsi disebabkan karena anak cenderung mendasarkan berpikirnya pada hal-hal yang tampak dalam suatu situasi

⁶³ Joel J. Mintzes, *et. al.*, *Assessing.....*, hlm.42

⁶⁴ Ratna Wilis Dahar, *Teori.....*, hlm.154-155

masalah.

- 2) Dalam banyak kasus, anak itu hanya memperhatikan aspek-aspek tertentu saja sehingga ia menginterpretasikan suatu fenomena dari segi sifat absolut benda-benda, bukan dari segi interaksi antara suatu sistem.
- 3) Anak lebih cenderung memperhatikan perubahan daripada situasi diam.
- 4) Bila anak-anak menerangkan perubahan, cara berpikir mereka cenderung mengikuti urutan kausal linier.
- 5) Gagasan yang dimiliki anak mempunyai berbagai konotasi, gagasan anak inklusif dan global.
- 6) Anak kerap kali menggunakan gagasan yang berbeda untuk menginterpretasikan situasi-situasi yang oleh para ilmuwan digunakan yang sama.

3. Tes Diagnostik Pilihan Ganda Beralasan

Terdapat beberapa pengertian dari istilah tes dalam bidang pendidikan. Pengertian pertama menyebutkan bahwa tes adalah alat pengumpul informasi yang digunakan untuk mengetahui atau mengukur sesuatu, dengan cara dan aturan-aturan yang sudah ditentukan. Pengertian lain dari Anas Sudijono tentang tes adalah suatu cara (yang dapat dipergunakan) atau prosedur (yang perlu ditempuh) dalam rangka pengukuran dan penilaian di bidang pendidikan, yang berbentuk pemberian tugas atau serangkaian tugas baik berupa pertanyaan-pertanyaan (yang harus dijawab), atau perintah-perintah (yang harus dikerjakan oleh testee, sehingga (atas dasar data yang diperoleh

dari hasil pengukuran tersebut) dapat dihasilkan nilai yang melambangkan tingkah laku atau prestasi testee; nilai mana dapat dibandingkan dengan nilai-nilai yang dicapai oleh testee lainnya, atau dibandingkan dengan nilai standar tertentu.⁶⁵

Tes secara sempit dapat diartikan sebagai suatu alat pengumpul informasi yang memiliki fungsi ganda, yaitu alat yang dapat digunakan untuk mengukur siswa juga untuk mengukur keberhasilan program pengajaran.⁶⁶ Tes dapat dibedakan berdasarkan kegunaan dalam mengukur kemampuan siswa, yaitu tes formatif, tes sumatif, dan tes diagnostik.

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dipahami bahwa pengertian tes dalam pendidikan adalah suatu cara pengukuran dan penilaian di bidang pendidikan yang dapat dijadikan sebagai alat pengumpul informasi mengenai pengetahuan siswa ataupun keberhasilan suatu program pengajaran yang bentuknya dapat berupa pertanyaan atau penugasan yang dapat dinilai dan diukur dengan menggunakan standar penilaian tertentu.

a. Tes Diagnostik

Diagnostik merupakan istilah yang berasal dari bidang kesehatan yaitu diagnosis. Kegiatan diagnostik dapat mengidentifikasi jenis, karakter serta latar belakang suatu kelemahan atau penyakit tertentu yang kemudian dapat diimplikasikan sebagai suatu upaya untuk meramalkan

⁶⁵ Anas Sudijono, *Pengantar Evaluasi Pendidikan*, (Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2009), hlm. 67

⁶⁶ Daryanto, *Evaluasi Pendidikan*, (Jakarta: PT Rineka Cipta, 2012), hlm.35-36

kemungkinan tindakan pemecahannya.⁶⁷ Dalam bidang pendidikan pun sering dijumpai kelemahan dalam bentuk kesulitan belajar siswa dalam memahami suatu konsep pelajaran. Salah satu fungsi tes diagnostik adalah untuk mengidentifikasi kesulitan belajar siswa dalam bentuk kesalahan konsep.

Tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan- kelemahan siswa sehingga berdasarkan kelemahan-kelemahan tersebut guru dapat melakukan pemberian perlakuan yang tepat.⁶⁸ Maka, tes diagnostik dapat bermanfaat bagi guru karena dapat memberikan petunjuk tentang solusi dari kelemahan-kelemahan siswa dalam pembelajaran.

Tes diagnostik adalah tes yang dilaksanakan untuk menentukan secara tepat, jenis kesukaran yang dihadapi oleh peserta didik dalam suatu pelajaran tertentu. Materi dalam tes ini biasanya merupakan materi yang biasanya sulit dipahami siswa.⁶⁹ Hasil tes formatif dapat menjadi informasi tentang materi yang biasanya dirasa sulit oleh siswa.

Tes diagnostik di sekolah dapat dilakukan untuk beberapa tujuan. Pertama yaitu untuk mengetahui tingkat pemahaman calon siswa baru yang akan masuk ke sekolah penyelenggara. Kedua, tes ini juga dapat digunakan sebagai *placement test* atau tes penempatan. Tujuan

⁶⁷ Abin Syamsuddin Makmun, *Psikologi Kependidikan*, (Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2009), hlm. 307

⁶⁸ Suharsimi Arikunto, *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*, (Jakarta: PT Bumi Aksara, 2005), hlm.35

⁶⁹ Anas Sudijono, *Pengantar.....*, hlm.70-71

diadakannya tes diagnostik ketiga yaitu untuk mendiagnosis bagian dari bahan pelajaran yang belum dimengerti siswa.⁷⁰ Maka, cara penyekoran hasil tes, waktu, serta tingkat pencapaian dari setiap jenis tes diagnostik akan berbeda tergantung dari fungsi dan tujuan dilakukannya tes tersebut.

Nitko & Brookhart membagi enam pendekatan penaksiran tes diagnostik terkait masalah pembelajaran. Pendekatan-pendekatan yang dimaksud diantaranya yaitu: pendekatan profil kekuatan dan kelemahan kemampuan pada suatu bidang; pendekatan mengidentifikasi kekurangan pengetahuan prasyarat; pendekatan mengidentifikasi target-target pembelajaran yang tidak dikuasai; pendekatan pengidentifikasian kesalahan siswa (miskonsepsi); pendekatan mengidentifikasi struktur pengetahuan siswa; serta pendekatan mengidentifikasi kompetensi untuk menyelesaikan soal cerita.⁷¹

Berdasarkan berbagai definisi pada uraian di atas, maka dapat dipahami bahwa tes diagnostik merupakan suatu jenis tes yang dilakukan untuk mengetahui kesulitan dan masalah siswa dalam memahami suatu konsep, sehingga guru dapat mengetahui cara untuk menindaklanjuti dan mengatasi masalah atau kesulitan belajar siswa tersebut.

b. Tes Pilihan Ganda Beralasan

Tes pilihan ganda atau *multiple choice test* adalah salah satu jenis tes objektif yang soalnya dapat mencakup banyak materi, yang terdiri atas

⁷⁰ Suharsimi Arikunto, *Dasar-dasar.....*, hlm.35

⁷¹ Suwanto, *Pengembangan Tes Diagnostik dalam Pembelajaran*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2013), hlm.116

bagian keterangan (*stem*) dan bagian kemungkinan jawaban atau alternatif (*options*). Kemungkinan jawaban terdiri atas satu jawaban benar dan beberapa jawaban pengecoh (*distractions*). Tes pilihan ganda juga sering disebut dengan istilah tes objektif bentuk pilihan ganda. Pengertian lain dari tes ini yaitu merupakan salah satu bentuk tes objektif yang terdiri atas pertanyaan atau pernyataan yang sifatnya belum selesai, dan untuk menyelesaikannya harus dipilih satu pilihan jawaban dari beberapa pilihan jawaban dari setiap butir soal.⁷² Tes pilihan ganda merupakan tes yang penskorannya bersifat objektif karena penilaiannya sangat sederhana berdasarkan pilihan kunci jawaban saja.

Tes pilihan ganda melalui berbagai penelitian telah terbukti dapat digunakan secara efektif untuk mengidentifikasi miskonsepsi yang terjadi pada siswa karena bersifat objektif dan dapat menghasilkan skor dengan cepat walaupun dengan jumlah peserta tes yang banyak. Tetapi, terdapat beberapa kelemahan dari tes pilihan ganda. Menurut Rollnick dan Mahoona kelemahan tes pilihan ganda yaitu pertanyaan yang ada tidak dapat menuangkan ide siswa mengenai topik pada soal secara mendalam bahkan seringkali siswa dapat memberikan jawaban yang benar padahal alasan mereka salah.⁷³ Siswa seringkali memilih jawaban pada tes pilihan ganda dengan cara menebak tanpa didasari alasan yang

⁷² Anas Sudijono, *Pengantar.....*, hlm.118

⁷³ S O Adodo, "Effects of Two-Tier Multiple Choice Diagnostic Assessment Items on Students' Learning Outcome in Basic Science Technology (BST)", *Academic Journal of Interdisciplinary Studies by MCSE-CEMAS-Sapienza University of Rome*, 2, 2013, hlm. 202

berkaitan.

Berdasarkan beberapa penelitian, tes pilihan ganda dapat divariasikan sesuai dengan tujuan pengadaannya, salah satunya dengan variasi penambahan alasan jawaban pada tiap butir soalnya. Tes pilihan ganda yang disertai alasan dapat digunakan untuk menguji konsepsi alternatif pada siswa karena bentuk soal ini dapat meminimalisir jawaban tebakan siswa dan dapat menentukan tipe kesalahan siswa dalam suatu konsep.⁷⁴ Dengan ditambahkan alasan, maka tes pilihan ganda dapat menuangkan ide siswa mengenai topik pada soal secara mendalam melalui alasan jawaban pada setiap butir soalnya.

Terdapat beberapa jenis tes pilihan ganda beralasan, diantaranya yaitu tes pilihan ganda beralasan terbuka dan tes pilihan ganda beralasan tertutup. Tes pilihan ganda beralasan terbuka adalah tes pilihan ganda yang mengharuskan siswa memilih jawaban dari pilihan ganda pada soal dengan menyertakan alasan mengapa ia memilih jawaban tersebut. Instrumen ini telah digunakan oleh Boo Hong Kwen, And Kok Cheng dalam penelitiannya untuk mengidentifikasi pemahaman siswa pada konsep ekosistem. Jenis tes ini dapat membantu guru untuk menganalisis dan mengklasifikasikan jawaban dan alasan siswa sehingga dapat diketahui kelompok siswa yang benar-benar paham konsep dengan yang mengalami masalah dalam mempelajari konsep. Edy Tarwoko

⁷⁴ Depdiknas, *Tes Diagnostik*, (Jakarta: Dirjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Pertama, 2007), hlm. 4.

menggunakan instrumen tes ini untuk menganalisis profil miskonsepsi siswa pada konsep bakteri.⁷⁵

Jenis kedua yaitu tes pilihan ganda beralasan tertutup. Tes ini selain terdiri dari soal dan pilihan jawaban, juga dilengkapi dengan pilihan alasan jawaban yang telah tersedia dalam setiap butir soalnya. Kelebihan dari tes ini yaitu guru dapat lebih mudah untuk menganalisis jawaban dan alasan siswa. Sedangkan kelemahan dari jenis tes ini yaitu siswa tidak diberi kebebasan dalam memberikan alasan sendiri, sehingga pemikiran siswa tidak terlalu terungkap. Instrumen tes ini telah dikembangkan oleh beberapa peneliti salah satunya yaitu Haslam dan Treagust pada konsep fotosintesis dan Respirasi pada tumbuhan.

c. Teknik Analisis Miskonsepsi dengan Tes Pilihan Ganda Beralasan

Teknik analisis hasil tes diagnostik pilihan ganda beralasan sangat memperhatikan jawaban dan alasan yang dipilih siswa dalam menjawab soal. Salah satu contoh teknik analisis jenis tes diagnostik ini ditulis dalam sebuah jurnal oleh Muammer Calik dan Alipasa Ayas. Dalam jurnal tersebut, butir soal yang digunakan terdiri dari sebuah soal dengan pilihan ganda beralasan terbuka dan tiga soal berbentuk uraian. Teknik analisis yang digunakan berasal dari pengelompokan kategori pemahaman siswa pada soal uraian oleh Abraham *et. al.* Analisis jawaban

⁷⁵ Edy Tarwoko, "Reduksi miskonsepsi bakteri siswa-siswa SMA Negeri 1 Sambung Macan dengan pembelajaran modul dan lembar kerja siswa", *Tesis* pada Pascasarjana Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2005, hlm. 165-167, tidak dipublikasikan

yang dilakukan oleh Muammer Calik dan Alipasa Ayas, khususnya pada soal pilihan ganda beralasan, mengombinasikan pilihan jawaban siswa dengan alasannya sehingga menghasilkan pernyataan jawaban yang sama dengan jawaban uraian.⁷⁶ Teknik analisis ini mampu membedakan jawaban siswa dalam kategori paham konsep, miskonsepsi secara spesifik, serta tidak paham konsep.

4. Materi Virus dan Bakteri

Materi atau bab yang diambil pada penelitian adalah “Virus dan Bakteri”, merupakan konsep dasar dalam mikrobiologi yang diajarkan pada siswa kelas X. Dalam kurikulum K13, konsep ini dipelajari dengan Kompetensi Dasar (KD) 3.4 dan 4.4 serta 3.5 dan 4.5. Indikator pembelajaran Virus dan Bakteri di SMAN 1 Durenan dibagi sebagai berikut, untuk bab Virus memiliki indikator : a) Menjelaskan sejarah virus. b) Menjelaskan ciri-ciri virus. c) Menjelaskan klasifikasi Virus. d) Menjelaskan peranan virus bagi kehidupan. Indikator pembelajaran pada bab bakteri meliputi : a) Mengidentifikasi ciri-ciri bakteri. b) Menjelaskan klasifikasi bakteri. c) Menjelaskan peranan bakteri dalam kehidupan. d) Menjelaskan upaya mengatasi dampak negatif bakteri, sehingga dengan indikator sebagaimana tertulis diatas pada bab kajian teori ini dipaparkan teori berdasarkan indikator materi atau bab pembelajaran.

a. Virus

⁷⁶ Muammer Calik dan Alipasa Ayas, “A Cross-age Study on the Understanding of Chemical Solutions and Their Components”, *International Education Journal* 6, 2005, hlm.32-33

1) Sejarah Virus

Kata virus berasal dari Bahasa latin yang berarti racun dan cairan berbahaya lainnya. Sebelum ditemukannya virus oleh Dmitry Ivanosvsky pada tahun 1892, ilmuwan menamai virus dengan sebutan agen yang menyebabkan infeksi penyakit namun bukan dalam kelompok bakteri pada tahun 1728. Virus telah menginfeksi sejak zaman sebelum Masehi, hal tersebut terbukti dengan adanya beberapa penemuan-penemuan seperti laporan mengenai infeksi virus dalam hieroglif di Memphis, ibu kota Mesir kuno (1400 SM) yang menunjukkan adanya penyakit poliomyelitis. Selain itu, Raja Firaun Ramses V meninggal pada 1196 SM diduga karena terserang virus *smallpox*.⁷⁷

Asal mula virus ditemukan dimulai pada tahun 1883 oleh Adolf Mayer, seorang saintis Jerman yang sedang mencari penyebab penyakit mosaic pada tembakau. Penyakit ini menghambat pertumbuhan tanaman tembakau dan menyebabkan daunnya bercak-bercak sehingga disebut mosaic. Mayer menemukan bahwa penyakit tersebut menular ketika ia melakukan percobaan menyemprotkan getah yang diekstraksi dari daun tanaman yang sakit ke tanaman yang sehat dan tanaman yang sehat tersebut ternyata tertular. Mayer berusaha mencari mikroba di dalam getah yang menularkan penyakit tersebut tetapi tidak dapat menemukan

⁷⁷ Lud Waluyo, *Mikrobiologi Umum*, (Malang : Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang, 2004), hlm.213-214

apapun, sehingga ia menyimpulkan bahwa penyakit mosaic disebabkan oleh bakteri yang lebih kecil dari biasanya dan tidak dapat dilihat dengan mikroskop. Hipotesis ini diuji dasawarsa setelahnya oleh Dimitri Ivanowsky, ilmuwan Rusia yang mengalirkan getah dari daun tembakau yang terinfeksi melalui saringan yang didesain untuk mengambil bakteri. Setelah disaring, getah masih menimbulkan penyakit mosaic.⁷⁸

Ivanowsky setelah melakukan percobaan tersebut masih berpegang teguh pada hipotesis bahwa penyebab penyakit mosaic pada tembakau adalah bakteri. Dia memberikan alasan mungkin bakteri patogenik tersebut memiliki bentuk sangat kecil dan bisa melewati saringan bakteri atau mungkin bakteri tersebut membuat toksin yang dapat melewati saringan dan menimbulkan penyakit. Kemungkinan terakhir dipatahkan pada tahun 1897 ketika ahli botani Belanda Martinus Beijerinck menemukan agen infeksi yang ada di dalam getah yang telah disaring dapat bereproduksi. Beijerinck menyemprot tanaman dengan getah yang telah disaring, setelah tanaman menderita penyakit mosaic, ia menggunakan getah tanaman tersebut untuk menginfeksi tanaman lain dan meneruskan proses ini melalui serangkaian proses infeksi. Pathogen tersebut pasti sudah bereproduksi karenan kemampuannya menimbulkan penyakit tidak berkurang setelah beberapa kali ditransfer dari tanaman satu ke tanaman lainnya.⁷⁹

⁷⁸ Campbell Reece Mitchel, *BIOLOGI*, (Jakarta : Erlangga, 2002), hlm.341-342

⁷⁹ Ibid

Sebenarnya pathogen tersebut dapat bereproduksi hanya ketika ia berada di dalam inang yang diinfeksi. Tidak seperti bakteri, agen penyebab penyakit mosaik itu tidak dapat dibiakkan pada media nutrient di tabung reaksi atau cawan petri. Selain itu pathogen tersebut tidak dapat dinaktifkan oleh alkohol yang biasanya dapat membunuh bakteri. Beijerinck membayangkan suatu partikel yang jauh lebih kecil dan lebih sederhana dari bakteri. Kecurigaan tersebut dibuktikan pada tahun 1935 oleh saintis Amerika Wendel Stanley saat dapat mengkristalkan partikel penginfeksi tersebut, yang sekarang dikenal sebagai virus mosaik tembakau (TMV- *tobacco mosaic virus*). Setelah itu TMV dan banyak jenis virus lain dapat dilihat dengan mikroskop elektron.⁸⁰

2) Ciri-ciri virus

a) Ciri umum virus⁸¹

- Virus berukuran sangat kecil sekitar 20 – 30 nanometer (nm), 1 nm = 1/1.000.000.000 meter rata-rata 50 kali lebih kecil dari bakteri sehingga hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron.
- Tubuh virus terdiri atas selubung dan bahan inti berupa RNA (Ribonucleic acid) atau DNA (Deoxiribonucleic acid).
- Virus tidak mempunyai membran dan organel-organel sel yang penting bagi kehidupan.

⁸⁰ Ibid

⁸¹ Fictor Ferdinand, *Praktis Belajar Biologi*, (Jakarta: Visindo Media Persada, 2009), hlm.24

- Virus tidak memiliki kemampuan untuk memperbanyak diri di luar sel-sel hidup, dapat dikatakan virus bukanlah makhluk hidup yang mandiri, melainkan makhluk hidup yang memanfaatkan sel-sel hidup untuk memperbanyak diri.
- Virus dapat dikristalkan layaknya benda mati dan dapat dicairkan kembali.

b) Sifat Virus⁸²

Virus memiliki sifat seperti makhluk hidup yaitu memiliki asam nukleat dan mampu memperbanyak diri, namun virus tidak termasuk makhluk hidup karena beberapa alasan berikut ini :

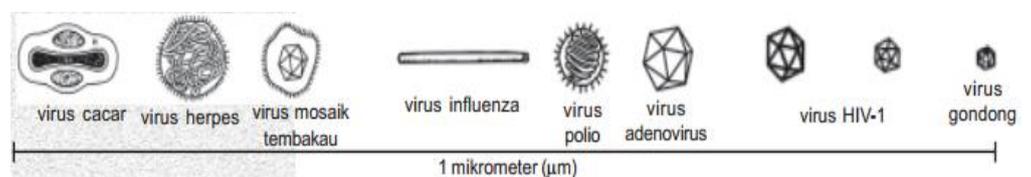
- Virus tidak dapat diendapkan dengan sentrifugasi biasa tetapi dapat dikristalkan layaknya benda mati. Virus dalam bentuk Kristal masih memiliki daya patogen apabila diinfeksi ke dalam tubuh organisme hidup.
- Virus diluar organisme hidup disebut virion.
- Virus hanya memiliki salah satu asam nukleat (DNA atau RNA saja) dengan selubung protein (kapsid) serta tidak mempunyai sitoplasma dan organel, maka dari itu virus tidak dapat dikatakan sebagai sel atau dapat dikatakan virus adalah organisme aseluler.
- Virus hanya dapat memperbanyak diri dalam sel hidup, sehingga metode paling ekonomis dan mudah untuk perbanyak berbagai macam virus

⁸² Endah Sulistiyowati, *Biologi untuk SMA kelas X Peminatan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* (Klaten : Intan pariwara, 2016), hlm.54

yaitu dengan teknik embrio ayam. Embrio ayam yang berumur 5-21 hari dapat digunakan sebagai tempat inokulasi virus.

c) Bentuk virus⁸³

Virus dapat berbentuk oval, batang (memanjang), huruf T, dan dapat juga berbentuk bulat. Virus memiliki struktur yang sangat sederhana, hanya terdiri dari materi genetik berupa DNA atau RNA yang dikelilingi oleh suatu protein pelindung yang disebut kapsid. Kapsid dibangun oleh subunit-subunit yang identik satu sama lain yang disebut kapsomer. Bentuk kapsomer-kapsomer ini sangat simetris dan suatu saat dapat mengkristal. Pada beberapa virus, seperti virus herpes dan virus influenza, dapat pula dilengkapi oleh sampul atau envelope dari lipoprotein (lipid dan protein). Pembungkus ini merupakan membran plasma yang berasal dari sel inang virus. Suatu virus dengan materi genetik yang terbungkus oleh pembungkus protein disebut partikel virus atau virion. Virus bukan sel atau makhluk hidup karena tidak memiliki sitoplasma dan organel sel tidak melakukan metabolisme serta berukuran sangat kecil sehingga tidak mungkin memiliki struktur sel.

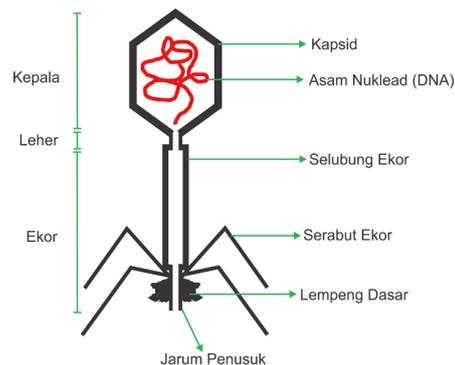


Gambar 2.1 Berbagai macam bentuk virus (sumber : Mikrobiologi Umum, 1994)

⁸³ Lud Waluyo, *Mikrobiologi...*, hlm.215

d) Struktur tubuh virus⁸⁴

Pada umumnya struktur tubuh virus yang mudah dipelajari diwakili oleh struktur tubuh bakteriofage (virus yang menyerang bakteri). Struktur tubuh bakteriofage terdiri dari bagian tubuh sebagai berikut



Gambar 2.2 Struktur tubuh bakteriofage (sumber : siswapedia.com)

- Kepala dan kapsid

Kepala virus berisi asam nukleat. Asam nukleat pada bakteriofage adalah DNA. Asam nukleat berfungsi sebagai pengendali aktivitas replikasi virus. bagian kepala virus diselubungi protein yang disebut kapsid. kapsid tersusun dari unit-unit protein yang disebut kapsomer. Kapsid berfungsi memberi bentuk virus sekaligus sebagai pelindung virus dari kondisi lingkungan yang merugikan virus.

- Leher sebagai penghubung antara kepala dan ekor.

- Ekor berfungsi untuk melekatkan diri dan menginfeksi sel yang diserang virus. bagian ini memiliki struktur tambahan berupa selubung ekor,

⁸⁴ Ibid, hlm.217

lempengan dasar, dan serabut ekor. Pada setiap ujung serabut ekor terdapat reseptor yang berfungsi menerima rangsang.

Beberapa jenis virus lain memiliki struktur yang berbeda dengan bakteriofage. Ada beberapa virus yang hanya memiliki asam nukleat berupa RNA. Selain itu, virus yang menginfeksi sel eukariotik tidak memiliki ekor. Pada beberapa virus, nukleokapsid diselubungi oleh membrane yang disebut sampul virus. Sampul virus tersusun dari lipid dan protein yang membantu virus memasuki sel inang. Contoh virus yang memiliki sampul virus adalah virus influenza.

e) **Cara hidup virus**⁸⁵

Virus bersifat sebagai parasit obligat, sehingga tidak dapat hidup di alam secara bebas melainkan harus berada di dalam makhluk hidup lain untuk bisa bertahan hidup. Virus menjalankan hidupnya dengan bertindak sebagai parasit dalam tubuh bakteri, tumbuhan, hewan, dan manusia.

(1) Virus Bakteri

Tidak ada satu bakteri pun yang tidak mengandung virus. Virus yang menginfeksi bakteri adalah bakteriofag. Bakteriofag dapat berkembang cepat sehingga dalam waktu yang singkat dapat menghancurkan sejumlah bakteri. Bakteriofag memiliki inti asam nukleat berbentuk DNA ganda berpilin atau tunggal berpilin atau RNA rantai tunggal. Contoh bakteriofag adalah E. coli.

⁸⁵ Ari Sulistiyorini, *Biologi Studi dan Pengajaran*, (Jakarta : PT Balai Pustaka, 2009), hlm. 52-53

(2) Virus Tumbuh-Tumbuhan

Sebagian besar penyakit pada tumbuh-tumbuhan disebabkan oleh virus. Serangan virus ini dapat mengakibatkan kerugian secara ekonomi yang sangat besar, misalnya, virus yang menyerang tanaman kentang dan tembakau. Bahan genetik dari virus tumbuh-tumbuhan adalah RNA. Virus ini dapat memasuki bagian dalam sel secara aktif atau dapat melalui cedera, misalnya, cedera akibat gosokan pada daun. Di alam virus ditularkan secara kontak langsung atau melalui vektor. Sejumlah besar virus dapat juga ditularkan melalui serangga. Virus sering memperbanyak diri di dalam saluran pencernaan serangga (virus persisten). Virus dapat menginfeksi tumbuhan lain setelah terjadi masa inkubasi di dalam serangga. Sementara itu, virus yang tidak persisten dapat ditularkan melalui gigitan serangga secara langsung.

(3) Virus Patogen pada Hewan

Bahan genetik virus hewan adalah DNA ganda berpilin atau RNA polinukleotida tunggal. Virus dapat menimbulkan penyakit rabies (anjing gila), sampar pada ayam, ebola pada kera, dan penyakit kuku pada ternak. Virus ini dapat ditularkan secara kontak langsung atau melalui perantara serangga. Untuk penelitiannya, diperlukan hewan percobaan atau telur ayam yang sudah dierami. Selain itu, virus juga dapat diperbanyak dengan kultur jaringan. Perbanyakan ini dapat dilakukan di laboratorium.

(4) Virus yang Menyerang Manusia

Virus yang menyerang manusia, antara lain, virus cacar air, cacar, campak, influenza, polio, mata belek, hepatitis, demam berdarah, diare, HIV AIDS, dan virus AIDS. Virus pada manusia dapat ditularkan secara kontak langsung maupun tidak langsung. Mata belek, influenza, dan cacar dapat ditularkan secara kontak langsung atau lewat udara. Hepatitis dan polio dapat ditularkan melalui air sumur yang tercemar dan sendok atau piring bekas penderita ataupun keringat penderita. Demam berdarah dapat ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti*. Sementara itu, virus HIV AIDS dapat ditularkan melalui jarum suntik, air ludah, transfuse darah, air susu, plasenta ibu hamil pada janinnya, hubungan kelamin, serta cairan vagina dan sperma.

3) **Klasifikasi virus**⁸⁶

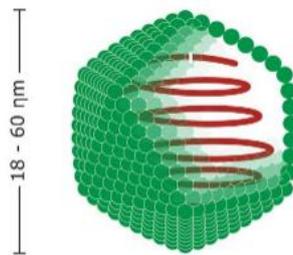
Setiap virus memiliki ciri khusus sehingga dapat dibedakan dengan jenis virus lainnya. Ciri khusus tersebut dapat digunakan sebagai dasar pengklasifikasian virus. Berdasarkan ciri khusus yang dimiliki virus tersebut, virus dikelompokkan dalam lima kelompok berdasarkan kandungan asam nukleatnya, berdasarkan bentuk dasarnya, berdasarkan selubung yang melapisi nukleokapsid, berdasarkan jumlah kapsomer, serta berdasarkan sel inangnya.

- a) **Berdasarkan kandungan asam nukleatnya**, virus diklasifikasikan menjadi dua yaitu ribovirus dan deoksiribovirus

⁸⁶ Endah Sulistiyowati, Biologi untuk..., hlm.58-59

- Ribovirus (RNA) adalah virus yang kandungan asam nukleatnya berupa RNA. Contoh ; Orthomyxovirus, Hepatitisvirus, Paramyxovirus, Picornavirus, Rhabdovirus, Reovirus, Retrovirus, Togovirus, Tobacco Mosaic Virus (TMV), dan Myxovirus.
 - Deoksiribovirus (DNA) adalah virus yang kandungan asam nukleatnya berupa DNA. Contoh : Adenovirus, Herpes Simplex Virus, Papovavirus, Virus Rubella, Poxvirus, dan Rhinovirus.
- b) **Berdasarkan bentuk dasarnya**, virus diklasifikasikan menjadi tiga yaitu virus bentuk ikosahedral, helical, dan kompleks.

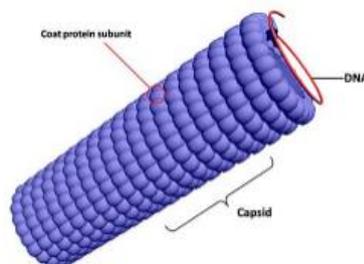
- **Virus Bentuk Ikosahedral**



Gambar 2.3 Virus bentuk ikosahedral (sumber : tentorku.com)

Virus ikosahedral memiliki bentuk tata ruang yang dibatasi oleh 20 segitiga sama sisi dengan sumbu rotasi ganda. Contoh : virus Polio dan Adenovirus

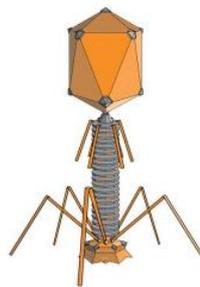
- **Virus Bentuk Helical**



Gambar 2.4 Virus bentuk helical (sumber : tentorku.com)

Virus helical berbentuk batang panjang, nukleokapsidnya tidak kaku, berbentuk heliks, dan memiliki satu sumbu rotasi. Pada bagian atas terlihat RNA virus dengan kapsomer. Contoh : virus influenza dan TMV.

- **Virus Bentuk Kompleks**



Gambar 2.5 Virus bentuk kompleks (sumber : tentorku.com)

Virus ini tersusun dari berbagai protein berbeda yang bekerja sama untuk melindungi genom, menempel pada sel, dan menyuntikkan asam nukleat ke dalamnya. Contoh virus dengan struktur ini adalah Bakteriofage T4 yang memiliki bentuk kepala, leher, dan kaki berbeda satu dengan lainnya.

- c) **Berdasarkan keberadaan selubung yang melapisi nukleokapsid**, virus dibagi menjadi dua yaitu virus bersampul dan virus telanjang.
- Virus bersampul (berselubung), virus yang nukleokapsidnya mempunyai selubung dari lipoprotein atau glikoprotein. Contoh : Poxvirus, Herpesvirus, Orthomyxovirus, Paramyxovirus, Rhabdovirus, Togovirus, Coronavirus, dan Retrovirus.

- Virus telanjang, virus yang nukleokapsidanya tidak diselubungi oleh lapisan apapun. Contoh : Adenovirus, Papovavirus, Picornavirus, dan Reovirus.

d) **Berdasarkan jumlah kapsomernya**, virus diklasifikasikan sebagai berikut :

- Virus yang memiliki 252 kapsomer misalnya Adenovirus
- Virus yang memiliki 162 kapsomer misalnya Herpesvirus
- Virus yang memiliki 72 kapsomer misalnya Papovavirus
- Virus yang memiliki 60 kapsomer misalnya Picornavirus
- Virus yang memiliki 32 kapsomer misalnya Parvovirus

e) **Berdasarkan sel inangnya**, virus dibagi menjadi empat :

- Virus yang menyerang manusia misalnya HIV
- Virus yang menyerang hewan misalnya rabies
- Virus yang menyerang tumbuhan misalnya TMV
- Virus yang menyerang bakteri misalnya virus T (bakteriofage)

4) **Replikasi virus**

Virus merupakan parasit intraseluler obligat, mereka hanya dapat bereproduksi di dalam sel inang. Virus yang terisolasi tidak dapat bereproduksi atau melakukan hal lain yang berhubungan dengan itu, kecuali menginfeksi sel inang yang cocok. Virus tidak memiliki enzim untuk melakukan metabolisme serta tidak memiliki ribosom dan organel lain untuk membuat proteinnya sendiri. Oleh karena itu, virus yang

terisolasi hanya berisi sekumpulan gen yang berpindah dari sel inang ke sel inang lainnya.⁸⁷

Setiap tipe virus hanya dapat menginfeksi dan memparasiti beberapa jenis sel inang tertentu. Jenis-jenis inang yang dapat diinfeksi dan diprasiti oleh virus disebut kisaran inang. Penentuan inang bergantung pada evolusi sistem pengenalan yang dilakukan oleh virus tersebut. Virus mengidentifikasi sel inangnya menggunakan kesesuaian “*lock and key*” antara protein dibagian luar virus dengan molekul reseptor spesifik pada permukaan sel. Kemungkinan reseptor muncul pertama kali karena ia menjalankan fungsi yang bermanfaat bagi organisme tersebut.⁸⁸ Terdapat dua cara virus menginfeksi inangnya yaitu melalui siklus litik dan siklus lisogenik.

a) Siklus Litik

Siklus reproduktif virus yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel inang disebut sebagai siklus litik. Istilah tersebut mengacu pada tahapan akhir dari infeksi yaitu saat bakteri lisis/pecah dan melepaskan fage yang dihasilkan didalam sel.⁸⁹ Replikasi virus dalam sel inang merupakan peristiwa yang sangat kompleks, tahap demi tahap dari proses sintesis, mulai dari terinfeksi sel inang sampai pembebasan partikel-partikel virus. Seperti virus lain, bakteriofag tidak dapat bergerak. Jika suspensi bakteriofag bebas bercampur dengan suspensi

⁸⁷ Campbell Reece Mitchel, *BIOLOGI...*, hlm.343

⁸⁸ Ibid, hal.344

⁸⁹ Ibid, hal.345

bakteri, akan terjadi persinggungan kebetulan yang menyebabkan bakteriofag teradsorpsi pada permukaan bakteri. Selanjutnya, DNA bakteriofage terinjeksi ke dalam bakteri. Setelah beberapa waktu, terjadilah lisis sel-sel inang yang ditandai dengan pembebasan bakteriofag bentukan, kemudian baru ke dalam medium suspensi. Ada lima tahap siklus litik yang dijelaskan sebagai berikut.⁹⁰

- Tahap Adsorpsi⁹¹

Pada tahap ini, ekor virus mulai menempel di dinding sel bakteri. Virus hanya menempel pada dinding sel yang mengandung protein khusus yang dapat ditempel protein virus. Menempelnya virus pada dinding sel disebabkan oleh adanya reseptor pada ujung serabut ekor. Setelah menempel, virus akan mengeluarkan enzim lisozim yang dapat menghancurkan atau membuat lubang pada sel inang.

- Tahap Injeksi

Proses injeksi DNA ke dalam sel inang ini terdiri atas penambatan lempeng ujung, kontraksi sarung, dan penusukan pasak berongga ke dalam sel bakteri. Pada peristiwa ini, asam nukleat masuk ke dalam sel, sedangkan selubung proteinnya tetap berada di luar sel bakteri. Jika sudah kosong, selubung protein ini akan terlepas dan tidak berguna lagi.

- Tahap Sintesis (Pembentukan)

⁹⁰ Ari Sulistiyorini, Biologi..., hal.54

⁹¹ Ibid

Virus tidak dapat melakukan sintesis sendiri, tetapi virus akan melakukan sintesis dengan menggunakan sel inangnya. Setelah asam nukleat disuntikan ke dalam sel inang, segera menimbulkan perubahan-perubahan besar pada metabolisme sel yang terinfeksi (sel inang atau bakteri). Enzim penghancur yang dihasilkan oleh virus akan menghancurkan DNA bakteri yang menyebabkan sintesis DNA bakteri terhenti. Posisi ini digantikan oleh DNA virus yang kemudian mengendalikan kehidupannya. Dengan fasilitas dari DNA bakteri yang sudah tidak berdaya, DNA virus akan mereplikasi diri berulang kali dengan jalan mengopi diri dalam jumlah yang sangat banyak. Sintesis DNA virus dan protein terbentuk atas kerugian sintesis bakteri yang telah rusak. DNA virus ini kemudian akan mengendalikan sintesis DNA dan protein yang akan dijadikan kapsid virus.

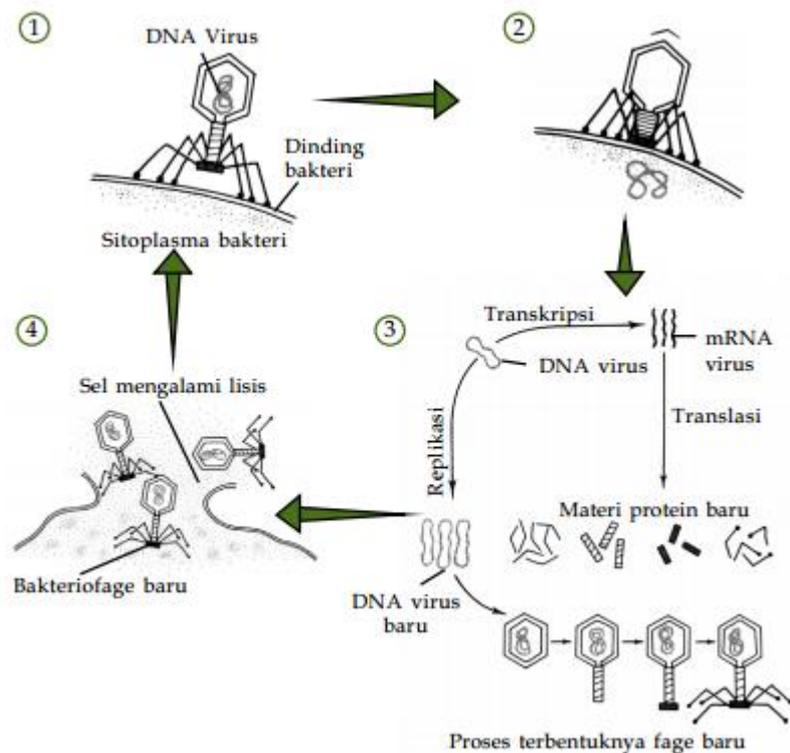
- Tahap Perakitan

Pada tahap ini, kapsid virus yang masih terpisah-pisah antara kepala, ekor, dan serabut ekor akan mengalami proses perakitan menjadi kapsid yang utuh. Kemudian, kepala yang sudah selesai terbentuk diisi dengan DNA virus. Proses ini dapat menghasilkan virus sejumlah 100-200 buah.

- Tahap Litik

Dinding sel bakteri yang sudah dilunakkan oleh enzim lisozim akan pecah dan diikuti oleh pembebasan virus-virus baru yang siap untuk

mencari sel-sel inang yang baru. Pemecahan sel-sel bakteri secara eksplosif dapat diamati dengan mikroskop lapangan gelap. Jangka waktu yang dilewati lima tahap ini dan jumlah virus yang dibebaskan sangat bervariasi, tergantung dari jenis virus, bakteri, dan kondisi lingkungan.



Gambar 2.6 Daur litik virus (sumber : Biological science, 1986)

b) Daur Lisogenik⁹²

Berlawanan dengan siklus litik yang membunuh sel inang, siklus lisogenik mereplikasi genom virus tanpa menghancurkan inang. Asam nukleat virus tidak mengambil alih fungsi proses sintesis asam nukleat bakteri tetapi menjadi bagian dari DNA bakteri. Istilah lisogenik mengimplikasikan

⁹² Ibid, hlm.55

bahwa asam nukleat virus yang bergabung dengan DNA bakteri, pada kondisi tertentu dapat menghasilkan fage aktif yang melisis sel inangnya. Virus yang dapat menjalankan kedua cara bereproduksi dalam suatu bakteri disebut virus temperat. Pada siklus lisogenik, tahap yang dilalui lebih banyak daripada siklus litik. Tahap adsorpsi dan tahap injeksi sama dengan siklus litik. Akan tetapi, sebelum tahap sistesis, terlebih dahulu virus melewati tahap penggabungan dan tahap pembelahan. Kemudian, dilanjutkan dengan tahap perakitan dan tahap litik. Adapun tahap replikasi pada daur litik ialah sebagai berikut :

- Tahap Adsorpsi dan Tahap Injeksi

Tahap adsorpsi dan tahap injeksi pada siklus lisogenik sama seperti tahap adsorpsi dan tahap injeksi siklus litik.

- Tahap Penggabungan

Tahap ini adalah tahap ketika DNA virus masuk ke dalam tubuh bakteri dan terjadinya penggabungan antara DNA bakteri dan DNA virus. Proses ini terjadi ketika DNA yang berbentuk kalung tak berujung pangkal terputus dan DNA virus menyisip di antara DNA bakteri yang terputus tadi. Kemudian, terbentuklah rangkaian DNA yang utuh yang telah terinfeksi atau tersisipi DNA virus.

- Tahap Pembelahan

DNA virus telah tersambung dengan DNA bakteri. DNA virus tidak dapat bergerak atau disebut sebagai profag. Karena bergabung dengan DNA bakteri, ketika DNA bakteri melakukan replikasi selnya secara

langsung, profag juga melakukan replikasi. Demikian juga ketika sel bakteri mengalami pembelahan, secara langsung dua anak sel bakteri yang mengandung profag tersebut juga ikut mengalami pembelahan. Dengan kata lain, jumlah profag sama dengan jumlah sel bakteri inangnya.

- Tahap Sintesis

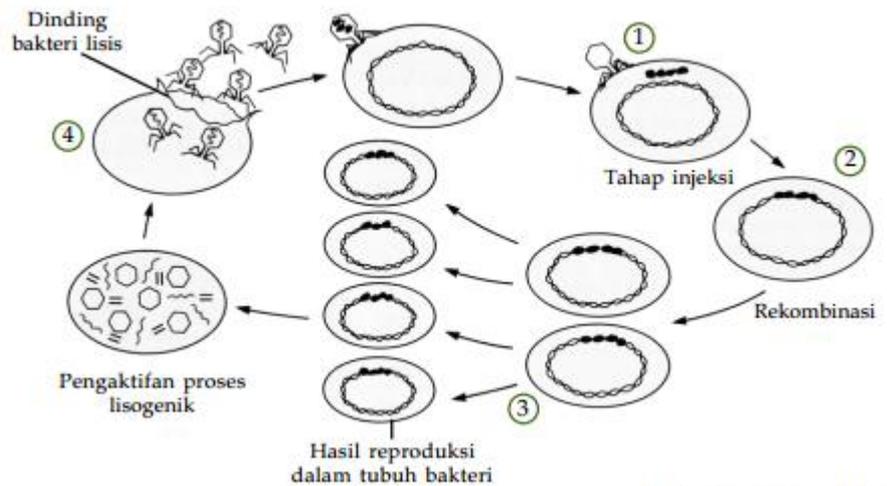
Pada kondisi lingkungan tertentu, profag menjadi aktif. Profag dapat saja memisahkan diri dengan DNA bakteri dan merusak DNA bakteri. Kemudian menggantikan peran DNA bakteri dengan DNA virus untuk sintesis protein yang berfungsi sebagai kapsid bagi virus-virus baru dan replikasi DNA.

- Tahap Perakitan

Pada tahap ini, terjadi perakitan kapsid-kapsid virus yang utuh sebagai selubung virus. Setelah kapsid virus utuh, diisi dengan DNA hasil replikasi, terjadilah virus-virus baru.

- Tahap Litik

Tahap ini sama dengan tahap litik pada siklus litik saat dinding bakteri akan pecah dan virus baru berhamburan keluar. Virus baru ini selanjutnya akan menyerang bakteri yang lain. Begitu seterusnya, virus akan mengalami siklus litik atau lisogenik.



Gambar 2.7 Daur lisogenik virus (sumber : Health Biology,1985)

5) Peran Virus dalam Kehidupan

Sebagian besar virus bersifat racun atau menimbulkan penyakit bagi manusia, namun virus juga memiliki beberapa manfaat bagi kehidupan. Berikut dijelaskan peran menguntungkan dan merugikan virus bagi kehidupan.

a) Peran virus yang menguntungkan⁹³

- Pembuatan antitoksin

Antitoksin dapat dibuat dengan menggabungkan DNA virus dan gen yang mempunyai sifat menguntungkan sehingga jika virus menginfeksi bakteri, di dalam sel bakteri tersebut terkandung gen yang menguntungkan. Gen manusia adalah gen yang menguntungkan yang dapat mengendalikan produksi antitoksin. Jika oleh DNA virus, DNA manusia disambungkan dengan DNA bakteri, sel bakteri tersebut akan mengandung gen manusia penghasil antitoksin. Jadi,

⁹³ Ibid, hal.57

yang mulanya gen bakteri tidak mengandung antitoksin manusia, sekarang mampu memproduksi antitoksin manusia. Pembelahan akan terus-menerus dilakukan oleh bakteri. Setiap bakteri baru dipastikan mengandung antitoksin yang dihasilkan oleh DNA manusia. Antitoksin dapat dipisahkan dan dimanfaatkan untuk melawan penyakit pada manusia. Dengan rekayasa genetik, dapat dikatakan bahwa virus dapat dimanfaatkan sebagai perantara gen manusia atau gen makhluk hidup lainnya untuk masuk ke dalam sel bakteri agar sel bakteri tersebut membawa sifat gen manusia atau gen makhluk hidup lain.

- Memproduksi vaksin

Vaksin merupakan patogen yang telah dilemahkan sehingga tidak berbahaya jika menyerang manusia. Ada beberapa virus yang dimanfaatkan untuk memproduksi vaksin. Jika telah diberi vaksin, tubuh manusia akan dapat memproduksi antibodi sehingga jika sewaktu-waktu terserang patogen yang sebenarnya, tubuh manusia tersebut telah kebal karena di dalam tubuhnya telah diproduksi antibodi patogen tersebut.

- Melemahkan bakteri

Virus yang menyerang bakteri patogen merupakan virus yang menguntungkan. Jika DNA virus lisogenik menginfeksi DNA bakteri patogen, bakteri tersebut menjadi melemah atau tidak berbahaya.

- Memproduksi interferon

Virus digunakan untuk memproduksi interferon. Interferon adalah protein yang dihasilkan oleh sel normal sebagai respon terhadap infeksi virus. Interferon berfungsi mencegah replikasi virus pada sel hospes.

b) **Peran virus yang merugikan**⁹⁴

(1) Virus yang Menyerang Manusia

- Influenza

Virus influenza hanya menyerang membran trakea. Virus ini bernama Orthomyxovirus. Virus ini menyebar melalui udara dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernapasan.

- HIV (Human Immunodeficiency Virus)

HIV merupakan penyebab penyakit AIDS yang merupakan virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh manusia atau menyerang sel darah putih. Sel darah putih ini mengontrol sistem kekebalan tubuh. Oleh karena itu, pada penderita AIDS sistem kekebalan tubuhnya berkurang sehingga tubuhnya pun rentan terkena penyakit. Virus HIV ditularkan melalui luka di kulit, selaput lendir, hubungan seksual, transfusi darah, dan penggunaan jarum suntik yang tidak steril. HIV banyak terdapat di darah dan cairan mani penderita.

- Herpes

Herpes merupakan penyakit yang ditandai dengan adanya bintik merah nanah dan berkelompok di kulit, dan disertai oleh demam. Penyebab

⁹⁴ Lud Waluyo, *Mikrobiologi...*, hlm.230-233

herpes adalah virus anggota famili Herpertoviridae. Virus herpes menyerang kulit dan selaput lendir. Ada tipe virus herpes yang hanya menyerang membran mukus di mulut dan bibir. Selain itu, ada pula tipe herpes yang hanya menyerang alat genital sehingga menyebabkan sakit pada alat kelamin. Virus memasuki tubuh melalui luka kecil dan bersarang di tubuh secara permanen. Oleh karena itu, herpes dapat kambuh sewaktu-waktu, biasanya jika seseorang sedang stress dan daya tahan tubuhnya menurun.

- Cacar air

Cacar air disebabkan oleh Varicella zoster virus. Virus ini hanya menyerang kulit. Gejala yang ditimbulkan berupa demam, sakit kepala, serta timbul bintik kemerahan berisi cairan di kulit.

- Polio

Virus yang menyebabkan polio hanya menyerang sel saraf. Virus polio masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman, atau melalui udara pernapasan. Kemudian, virus ini berkembang di jaringan getah bening saluran pencernaan dan memasuki kelenjar getah bening. Virus ini lalu masuk ke peredaran darah menuju sumsum tulang dan otak. Akhirnya, virus ini merusak sel saraf dan dapat mengakibatkan kelumpuhan bahkan kematian.

(2) Virus yang Menyerang Hewan

Banyak penyakit pada hewan yang disebabkan oleh virus. Beberapa jenis virus yang menyerang hewan mengakibatkan kematian. Virus yang

menyerang hewan ini dapat juga menyerang manusia. Misalnya, virus rabies yang ditularkan melalui gigitan anjing. Untuk lebih jelasnya, perhatikan uraian berikut.

- Rabies

Rabies merupakan virus yang menyerang sel saraf menyebabkan hewan takut air dan menyebabkan hewan tersebut menjadi agresif. Virus ini menyerang hewan seperti anjing, kucing, dan monyet. Akan tetapi, virus ini dapat ditularkan kepada manusia melalui gigitan hewan yang terinfeksi virus ini. Hal ini menyebabkan peradangan pada otak sehingga sel saraf terganggu. Rabies disebabkan oleh Rhabdovirus.

- Penyakit kuku dan mulut

Penyakit kuku dan mulut adalah penyakit yang menyerang ternak dan disebabkan oleh virus. Virus Coxsachie adalah penyebab penyakit ini. Hewan ternak yang terjangkit penyakit ini memiliki ciri, air liur yang banyak, demam dengan suhu badan yang tinggi, dan banyak keluar lendir di hidungnya.

- Penyakit tumor pada sapi

Penyakit ini disebabkan oleh virus Bovine Papillomavirus dan tidak bersifat mematikan. Penyakit tumor ini akan hilang dengan sendirinya dalam waktu yang lama. Tumor pada sapi bisa ditemukan diseluruh tubuh tetapi yang paling sering ditemui yaitu pada daerah moncong, leher, daun telinga, pantat, kaki, dan putting susu. Penyakit ini ditularkan melalui kontak langsung dan gigitan serangga.

- Penyakit tetelo

Penyakit tetelo atau parrot fever pada ayam ini disebabkan oleh virus Paramyxovirus dengan gejala diare dan batuk-batuk. Dapat ditularkan melalui debu dan makanan.

(3) Virus yang Menyerang Tumbuhan

Virus yang menyerang tumbuhan dapat mengenai bagian daun, buah, dan batang. Virus biasanya menyerang tumbuhan berbunga. Virus yang menyerang tumbuhan ini dapat mengakibatkan kematian. Cara virus masuk ke dalam bagian tubuh tumbuhan, misalnya pada bagian daun, yaitu dengan bantuan serangga. Virus masuk pada saat serangga memakan daun. Virus ini tidak dibawa oleh serangga, tetapi melalui udara. Virus dapat masuk setelah dinding sel pada daun rusak karena dimakan serangga.

- Mosaik

Mosaik merupakan penyakit yang menyerang tomat, kentang, dan tembakau. Penyakit ini menyebabkan daun menjadi berbintik-bintik kuning. Disebabkan oleh Tobacco Mosaic Virus (TMV).

- Tungro

Tungro merupakan penyakit yang menyerang padi dan menyebabkan tanaman menjadi kerdil. Penyebabnya adalah virus tungro.

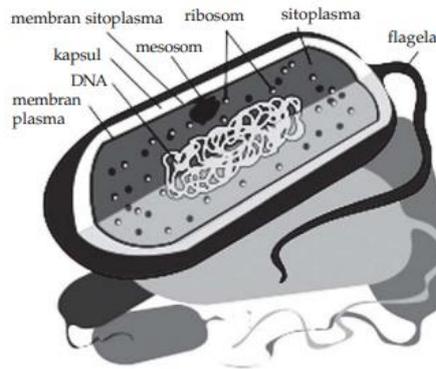
b. Bakteri

1) Ciri-Ciri Bakteri

Nama bakteri berasal dari Bahasa Yunani "*bacterion*" yang berarti batang atau tongkat. Sekarang nama itu dipakai untuk menyebut sekelompok mikroorganisme bersel satu, tubuhnya bersifat prokariotik atau tidak memiliki membran inti, berkembang biak dengan cara membelah diri, dan karena ukurannya begitu kecil maka hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop. Ukuran bakteri yang paling besar kira-kira 100 mikron. Ada pula yang kurang dari 1 mikron dan yang terkecil kira-kira berukuran 0,1 mikron (1 mikron = 0,001 milimikron). Ukuran bakteri yang lebih kecil dari 0,1 mikron hanya dapat diamati dengan mikroskop elektron. Sekumpulan bakteri hidup secara soliter dengan membentuk koloni. Contohnya, pada makanan yang telah busuk, koloni bakteri dapat terlihat dalam bentuk cairan kental, lengket seperti lendir yang berwarna putih kekuningan. Tubuh bakteri yang sangat kecil dan cara hidup yang beraneka ragam memungkinkan bakteri untuk hidup di mana saja sehingga bakteri dapat ditemukan di mana-mana, misalnya, di dalam tanah, dalam air, dalam sisa-sisa makhluk hidup, dalam tubuh manusia, bahkan dalam sebutir debu. Luasnya distribusi bakteri ini menyebabkan bakteri sering disebut juga dengan kosmopolit. Bakteri merupakan organisme uniseluler atau hanya terdiri dari satu sel, walaupun bersel

satu tetapi bakteri mempunyai beberapa organel yang dapat melakukan beberapa fungsi hidup.⁹⁵

2) Struktur Tubuh Bakteri



Gambar 2.8 Struktur sel bakteri (sumber : www.wikipedia.com)

Dengan melihat gambar diatas, diketahui bahwa stuktur sel bakteri tersusun atas dinding sel dan isi sel. Permukaan paling luar dilindungi oleh kapsul berupa lapisan lendir yang juga berfungsi sebagai cadangan makanan. Akan tetapi untuk bakteri penyebab penyakit, kapsul ini berfungsi untuk menginfeksi inangnya (*daya virulensi*). Pada lapisan dalamnya terdapat dinding sel yang sangat kaku sehingga bisa memberikan bentuk dari bakteri itu sendiri, juga berfungsi untuk melindungi isi sel. Dinding sel ini tidak mengandung selulosa, tetapi tersusun dari hemiselulosa dan senyawa pektin yang mengandung nitrogen dan lebih mendekati sel hewan dibandingkan sel tumbuhan.⁹⁶

⁹⁵ Lud Waluyo, *Mikrobiologi...*, hlm.191-192

⁹⁶ Lud Waluyo, *Mikrobiologi...*, hlm.196

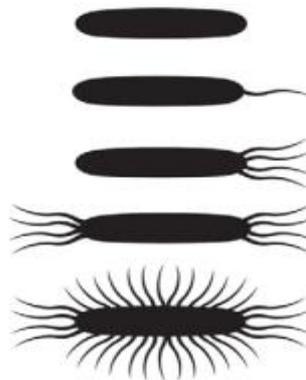
a) Struktur Luar Dinding Sel

Struktur utama di luar dinding sel antara lain ada *flagela*, *pili*, dan *kapsul* yang akan dijelaskan sebagai berikut.

- Flagelum (jamak: Flagela)

Bentuk flagela seperti rambut yang teramat tipis, mencuat menembus dinding sel, fungsinya untuk pergerakan pada sel bakteri.

Flagela terdiri atas tiga bagian, yaitu tubuh dasar, struktur seperti kait, dan sehelai filamen panjang di luar dinding sel. Panjangnya beberapa kali lebih panjang dari selnya, tetapi diameternya jauh lebih kecil dari diameter selnya. Berdasarkan letak dan jumlah flagel, bakteri dibedakan menjadi empat jenis yaitu monotrik, (memiliki satu flagelum pada salah satu ujung sel bakteri), *lofotrik* (memiliki dua/lebih flagela pada salah satu ujung sel bakteri), *amfitrik* (memiliki dua/lebih flagella di kedua ujung sel bakteri), dan *peritrik* (memiliki flagela di seluruh permukaan sel bakteri).⁹⁷



Gambar 2.9 Jenis bakteri berdasarkan jumlah dan letak flagel (sumber : ilustrasi Haryo)

⁹⁷ Idun Kistinah, *Biologi Makhluk Hidup dan Lingkungannya*, (Jakarta : Putra Nugraha,2009), hlm.93

Dengan adanya flagela, bakteri dapat merespons berbagai rangsang tingkah laku atau pergerakan yang disebut taksis. Beberapa jenis bakteri melakukan kemotaksis, bergerak menuju rangsang kimia yang diberikan oleh makanan atau menjauhi rangsang kimia yang diberikan oleh bahan kimia toksik. Beberapa bakteri melakukan fototaksis, bergerak menuju atau menjauhi cahaya, bergantung lingkungan yang mereka butuhkan. Beberapa bakteri flagelata adalah magnetotactic. Bentuk ini dapat mendeteksi daerah magnetik pada bumi. Hal ini disebabkan adanya bentuk magnet kecil berupa kristal besi pada sitoplasma. Adanya alat sensor yang unik ini memungkinkan bakteri tersebut bergerak menurun menuju lingkungan sedimen akuatik dengan bantuan flagela.⁹⁸

- Pili (Fimbriae)

Pili berbentuk seperti filamen, tetapi bukan flagela, banyak terdapat pada bakteri gram negatif. Ukurannya lebih kecil, lebih pendek, dan lebih banyak dari flagela. Pili tidak berfungsi untuk pergerakan, tetapi berfungsi sebagai pintu gerbang masuknya bahan genetik selama berlangsungnya perkawinan antar bakteri. Selain itu, pili juga mempunyai fungsi lain, yaitu sebagai alat untuk melekat pada berbagai permukaan jaringan hewan atau tumbuhan yang merupakan nutriennya.

⁹⁸ Ibid

- Kapsul

Kapsul atau lapisan lendir merupakan bahan kental yang mengelilingi dinding sel bakteri. Kapsul penting bagi bakteri karena merupakan pelindung dan sebagai penyimpan cadangan makanan. Pada bakteri penyebab penyakit, kapsul dapat berfungsi meningkatkan kemampuan bakteri dalam menginfeksi inangnya atau dengan kata lain meningkatkan daya virulensi.⁹⁹

b) Struktur Dalam Dinding Sel

Struktur paling umum yang terdapat di dalam dinding sel bakteri adalah sebagai berikut :

- Membran plasma

Membran plasma memiliki peran penting bagi bakteri karena berfungsi mengendalikan keluar masuknya substansi kimiawi dalam larutan sel, yaitu mampu mengambil dan menahan nutrisi seperti gula, asam amino, mineral, dalam jumlah yang sesuai dan membuang kelebihan nutrisi atau produk-produk buangnya. Selain itu, juga berfungsi sebagai tempat perlekatan flagelum. Membran sitoplasma merupakan membran plasma yang membungkus sitoplasma beserta isinya.¹⁰⁰

- Mesosom

⁹⁹ Lud Waluyo, *Mikrobiologi...*, hlm.196

¹⁰⁰ Ibid, hal 200

Mesosom terbentuk dari pelipatan kedalam atau invaginasi membran plasma dan keduanya tersambung. Mesosom berfungsi untuk sintesis dinding sel dan pembelahan nukleus.¹⁰¹

- Sitoplasma

Sitoplasma merupakan cairan yang bersifat koloid dan berisi semua zat yang diperlukan untuk kehidupan sel. Organel-organel yang ada di dalam sitoplasma antara lain¹⁰²

- Daerah sitoplasma, berisi partikel-partikel RNA protein (ribosom). Ribosom berfungsi sebagai tempat sintesis protein.
 - Nukleus, nukleus berisi DNA dan kromosom dalam sel bakteri terletak dekat dengan pusat sel dan terikat pada mesosom. Fungsi dari nukleus adalah pengendali seluruh aktivitas sel bakteri.
 - Bagian zat alir, mengandung nutrient terlarut yang terbentuk sebagai tubuh inklusi. Bagian ini terdiri atas lipid, glikogen, polifosfat, dan pati. Jika materi-materi tersebut menumpuk maka akan membentuk granul/globul di dalam sitoplasma. Contohnya, bakteri *Thiobacillus thioparus* yang menumpuk sejumlah besar sulfur yang tampak seperti granul.
 - Plasmid dan Endospora
- Pada umumnya, bakteri memiliki plasmid berbentuk cincin yang terdapat di dalam sitoplasma. Berfungsi untuk pertahanan sel bakteri

¹⁰¹ Ibid, hal.201

¹⁰² Ibid

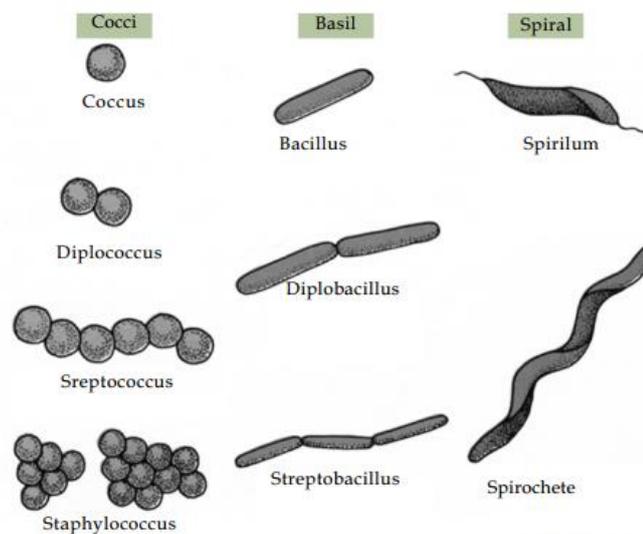
pertahanan sel bakteri terhadap lingkungan yang tidak menguntungkan. Sama halnya dengan plasmid dalam keadaan lingkungan yang jelek, bakteri tersebut akan membentuk endospora. Endospora ini sebenarnya adalah spora/struktur yang berdinding tebal, pembentukannya terjadi di dalam sel bakteri. Endospora ini tahan terhadap panas dengan batas sekitar 120° C. Dalam keadaan ini, aktivitas metabolisme terhenti. Endospora merupakan struktur resisten yang memungkinkan bakteri bertahan dalam kondisi yang tidak menguntungkan. Bahkan, beberapa bakteri dapat bertahan pada suhu mendidih dalam waktu satu jam atau lebih, sedangkan yang lainnya dapat tetap hidup di dalam usus mumi yang berumur 2.000 tahun. Endospora merupakan agen penyebaran bakteri karena mereka dapat terbawa dalam jarak yang jauh di udara atau air. Kemudian, memproduksi bakteri baru secara cepat ketika memasuki lingkungan yang menguntungkan. Jika kondisi telah membaik, maka endospora akan bisa tumbuh menjadi bakteri seperti semula.¹⁰³

3) Bentuk Bakteri

Bakteri mempunyai bentuk yang bermacam-macam. Bentuk bakteri yang paling dikenal adalah batang atau basil (tunggal: basilus), bulat atau cocci (tunggal: coccus), dan spiral atau spirila (tunggal: spirillum). Bakteri coccus ada yang tersusun sendiri (monococcus) atau berkelompok. Bentuk kelompok bakteri, yaitu bergandengan

¹⁰³ Ibid, hlm.203

(diplococcus), untaian anggur (staphylococcus), rantai (streptococcus), dan tersusun delapan-delapan (sarcina). Bakteri bacillus ada yang berdiri sendiri (monobacillus), berpasangan (diplobacillus), dan membentuk rantai (streptobacillus). Bakteri spiral ada yang berbentuk koma (vibrio), spiral, dan spiroseta (spirochete).¹⁰⁴



Gambar 2.10 Bentuk bakteri (sumber : Health Biology,1985)

4) Reproduksi Bakteri

Bakteri melakukan reproduksi secara aseksual maupun seksual. Secara aseksual, bakteri melakukan pembelahan biner. Sedangkan reproduksi seksual pada bakteri disini Bakteri tidak melakukan pembiakan seksual yang sebenarnya, seperti yang terjadi pada makhluk hidup eukariot, karena bakteri tidak mengalami penyatuan sel kelamin. Meskipun demikian, pada bakteri terjadi pertukaran materi genetik

¹⁰⁴ Ibid, hlm.192-193

dengan sel pasangannya. Oleh karena itu, perkembangbiakan bakteri yang terjadi dengan cara ini disebut perkembangbiakan paraseksual. Perkembangbiakan paraseksual bakteri dapat terjadi dengan tiga cara, yaitu transformasi, konjugasi, dan transduksi.¹⁰⁵

a) **Pembelahan Biner**¹⁰⁶

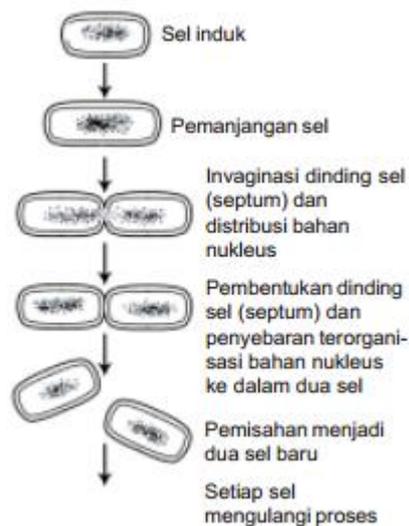
Bakteri dapat berkembang biak secara aseksual dengan membelah diri pada lingkungan yang tepat atau sesuai. Proses pembelahan diri pada bakteri terjadi secara biner melintang. Pembelahan biner melintang adalah pembelahan yang diawali dengan terbentuknya dinding melintang yang memisahkan satu sel bakteri menjadi dua sel anak. Dua sel bakteri ini mempunyai bentuk dan ukuran sama (identik). Sel anakan hasil pembelahan ini akan membentuk suatu koloni yang dapat dijadikan satu tanda pengenal untuk jenis bakteri. Misalnya, bakteri yang terdiri dari sepasang sel (diplococcus), delapan sel membentuk kubus (sarcina), dan berbentuk rantai (streptococcus).

Reproduksi bakteri dapat berlangsung dengan sangat cepat. Pada keadaan optimal, beberapa jenis bakteri dapat membelah setiap 20 menit. Dalam satu jam bakteri dapat berkembang biak menjadi berjuta-juta sel. Faktor lingkungan yang memengaruhi pembelahan biner antara lain cahaya matahari yang terus-menerus, kenaikan

¹⁰⁵ Ari Sulistiyorini, *Biologi...*, hal.74

¹⁰⁶ Ibid

suhu, kekeringan, dan adanya zat-zat penghambat dan pembunuh bakteri, seperti antibiotik dan desinfektan. Keadaan tersebut juga menunjukkan bahwa meskipun populasi bakteri sangat besar, tetap saja dapat dikendalikan oleh faktor-faktor penghambat sehingga peranan bakteri di alam sebagai salah satu pengurai dapat seimbang dengan makhluk hidup produsen dan konsumen.

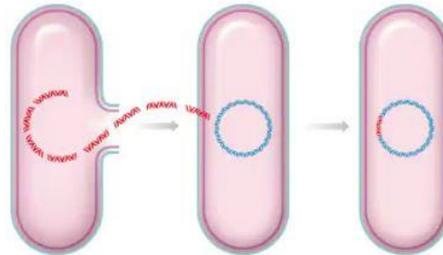


Gambar 2.11 Pembelahan biner (sumber : Pelczar,M.J., dan Chan, 1986)

b) Transformasi

Transformasi merupakan perubahan suatu genotip bakteri dengan cara mengambil DNA asing telanjang dari lingkungan sekitar. Dalam proses ini, tidak terjadi kontak langsung antara bakteri pemberi DNA dan penerima. Proses ini terjadi ketika DNA luar yang diambil memiliki perbedaan dengan DNA penerima sehingga terjadi rekombinasi genetik dengan cara pindah silang. Sel yang

ditransformasi kemudian memiliki satu kromosom yang mengandung DNA dari dua sel berbeda.¹⁰⁷



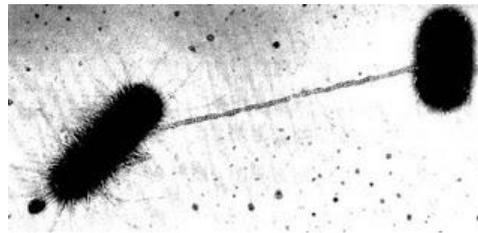
Gambar 2.12 reproduksi bakteri dengan transformasi (sumber : sigmaaldrich.com)

c) Konjugasi

Konjugasi merupakan transfer langsung materi genetik antara dua sel bakteri yang saling berhubungan. Transfer DNA yang terjadi pada kondisi ini berjalan satu arah. Sel yang mendonorkan DNA nya disebut sebagai “jantan” dan penerima DNA disebut “betina”. Penyebab dari sel “jantan” dapat mendonorkan DNANYa ialah karena memiliki faktor F (F untuk fertilitas) sedangkan sel betina tidak memilikinya sehingga ketika kedua sel bakteri berdekatan, akan terbentuk jembatan sitoplasmik diantara keduanya melalui pili seks yang dimiliki oleh sel “jantan”.¹⁰⁸

¹⁰⁷ Campbell Reece Mitchel, *BIOLOGI...*, hlm.354

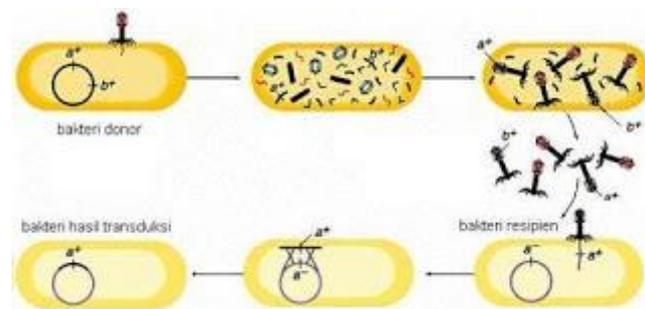
¹⁰⁸ Ibid, hlm.355-356



Gambar 2.13 Reproduksi bakteri dengan konjugasi (sumber : edubio.info.com)

d) Transduksi

Transduksi adalah pemindahan DNA dari sel pemberi ke sel penerima dengan perantaraan virus. Dalam kasus transduksi, virus menyuntikkan DNA virus juga menyuntikkan DNA bakteri lain yang diperoleh setelah virus tersebut berkembang dalam sel bakteri lain. DNA asing yang disuntikkan tersebut akan menyatu dengan DNA bakteri dan menyebabkan terjadinya rekombinasi genetik.¹⁰⁹



Gambar 2.14 Reproduksi bakteri dengan transduksi (sumber : edubio.info.com)

5) Klasifikasi Bakteri¹¹⁰

Bakteri diklasifikasikan dalam tiga kelompok yaitu klasifikasi eubacteria, pengelompokan bakteri berdasarkan cara memperoleh

¹⁰⁹ Ibid, hlm.355

¹¹⁰ Endah Sulistiyowati, *Biologi...*, hlm.83-85

makanannya dan pengelompokan bakteri berdasarkan kebutuhan oksigennya.

a) Eubacteria dikenal sebagai bakteri sejati, dibagi menjadi lima kelompok yaitu Proteobacteria, bakteri Gram positif, Cyanobacteria, Spirochetes, dan Chlamydias.

- Proteobacteria

Proteobacteria dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu bakteri ungu kemoautotrof, Proteobacteria kemoautotrof, dan Proteobacteria kemoheterotrof.

- Bakteri gram positif

Kelompok bakteri ini beberapa anggotanya dapat berfotosintesis dan sebagian lagi ada yang bersifat kemoheterotrof. Dapat berbentuk endospore ketika keadaan lingkungan kurang menguntungkan. Contoh bakteri ini misalnya Clostridium dan Bacillus.

- Spirochetes

Bakteri ini memiliki bentuk sel heliks, memiliki panjang sampai 0,25 mm. Kelompok bakteri ini bersifat kemoheterotrof. Ada yang hidup bebas dan ada yang patogen seperti Treponema pallidum yang menyebabkan sifilis.

- Chlamydias

Bakteri ini merupakan patogen beberapa penyakit. Energi untuk beraktivitas diperoleh dari inangnya. Contohnya adalah Chlamydias trachomatis.

- Cyanobacteria

Cyanobacteria dahulu dikenal dengan nama ganggang hijau-biru (bluegreen algae) serta dimasukkan dalam kelompok alga eukariotik. Akan tetapi, belakangan diketahui bahwa alga ini termasuk prokariotik. Oleh karena itulah, ganggang hijau-biru sekarang disebut Cyanobacteria dan dikelompokkan ke dalam Eubacteria. Cyanobacteria ada yang bersel satu dan ada yang bersel banyak. Cyanobacteria memiliki klorofil yang tersebar di dalam plasma sel dan berpigmen fikobilin, yaitu fikosianin (pigmen biru) dan fikoeritrin (pigmen merah). Cyanobacteria hidup di berbagai habitat. Ada yang hidup di air tawar dan air laut. Bahkan suhunya pun berbeda-beda, dari yang bersuhu dingin, tropis, bahkan ada yang tahan hidup di air panas. Cyanobacteria berkembang biak dengan membelah, fragmentasi, atau dengan spora. Contoh dari Cyanobacteria adalah Nostoc, Chlorococcus, Oscillatoria, dan Anabaena.

- b) Berdasarkan cara memperoleh makanannya

- Bakteri Heterotrof

Bakteri heterotrof adalah bakteri yang hidup dan memperoleh makanan dari lingkungannya karena tidak dapat membuat makanan sendiri. Bakteri ini dapat hidup secara saprofit dan parasit. Bakteri saprofit adalah bakteri yang hidup pada jasad yang sudah mati, misalnya, sampah, bangkai, atau kotoran. Bakteri ini sering disebut

sebagai bakteri pembersih karena dapat menguraikan sampah-sampah organik sehingga menguntungkan bagi manusia, contohnya, bakteri *Eschericia coli* yang berperan sebagai pembusuk sisa makanan dalam usus besar dan bakteri *Lactobacillus garicus* yang berperan dalam pembuatan yogurt. Bakteri parasit adalah bakteri yang hidup menumpang pada makhluk hidup lain. Bakteri ini biasanya bersifat merugikan makhluk hidup yang ditumpanginya karena dapat menimbulkan penyakit. Contoh penyakit yang disebabkan oleh bakteri ini, antara lain, kolera disebabkan oleh bakteri *Vibrio cholerae*, TBC disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, disentri disebabkan oleh bakteri *Shigella dysenteriae*, sifilis disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*, dan radang paru-paru (*pneumoniae*) disebabkan oleh bakteri *Diplococcus pneumoniae*. Penularan penyakit yang disebabkan oleh bakteri dapat melalui makanan, minuman, pernapasan, ataupun kontak langsung dengan penderita, baik secara langsung maupun tidak langsung.

- **Bakteri Autotrof**

Bakteri autotrof adalah bakteri yang dapat membuat makanannya sendiri. Berdasarkan asal energi yang digunakan, bakteri autotrof dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bakteri yang bersifat kemoautotrof dan bakteri yang bersifat fotoatotrof. Bakteri kemoautotrof adalah bakteri yang membuat makanannya dengan

bantuan energi yang berasal dari reaksi-reaksi kimia, misalnya, proses oksidasi senyawa tertentu. Contohnya, bakteri nitrit dengan mengoksidkan NH_3 , bakteri nitrat dengan mengoksidkan HNO_2 , bakteri belerang dengan mengoksidkan senyawa belerang, *Nitrosococcus*, dan *Nitrobacter*. Bakteri fotoautotrof adalah bakteri yang membuat makanannya dengan bantuan energi yang berasal dari cahaya matahari. Bakteri ini adalah bakteri yang mengandung zat warna hijau sehingga dapat melakukan fotosintesis, seperti tumbuhan hijau. Contohnya bakteri-bakteri yang mempunyai zat warna, antara lain, dari golongan *Thiorhodaceae* (bakteri belerang berzat warna).

c) Berdasarkan kebutuhan oksigen

- Bakteri Aerob

Bakteri aerob adalah bakteri yang hidupnya memerlukan oksigen bebas. Bakteri yang hidup secara aerob dapat memecah gula menjadi air, CO_2 , dan energi. Bakteri aerob secara obligat adalah bakteri yang mutlak memerlukan oksigen bebas dalam hidupnya, misalnya, bakteri *Nitrosomonas*.

- Bakteri Anaerob

Bakteri anaerob adalah bakteri yang dapat hidup tanpa oksigen bebas, misalnya, bakteri asam susu, bakteri *Lactobacillus bulgaricus*, dan *Clostridium tetani*. Akan tetapi, jika bakteri tersebut dapat hidup

tanpa kebutuhan oksigen secara mutlak atau dapat hidup tanpa adanya oksigen, bakteri itu disebut bakteri anaerob fakultatif.

6) Peran Bakteri bagi Kehidupan¹¹¹

Telah dijelaskan di atas bahwa bakteri dapat hidup di berbagai tempat sehingga keberadaan bakteri tersebut dapat menimbulkan efek yang besar bagi kehidupan, ada yang menguntungkan dan ada pula yang merugikan.

a) Manfaat Bakteri bagi Kehidupan

- Bakteri penghasil antibiotik

Tabel 2.2 Manfaat bakteri sebagai penghasil antibiotik

| No | Nama Bakteri | Hasil Antibiotik |
|----|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | <i>Streptomyces griseus</i> | Streptomycin |
| 2 | <i>Streptomyces rimosus</i> | Teramisin |
| 3 | <i>Streptomyces venezuelae</i> | chloracimphenicol/kloromisin |
| 4 | <i>Streptomyces aureofaciens</i> | aureomisin |
| 5 | <i>Bacillus polymixa</i> | polimiksin |
| 6 | <i>Bacillus subtilis</i> | basitrasin |
| 7 | <i>Bacillus brevis terotrisin</i> | terotrisin |

- Bakteri yang bermanfaat dalam bidang makanan

Tabel 2.3 manfaat bakteri dalam bidang pakan

| No | Nama Bakteri | Nama makanan |
|----|---------------------------------|--------------------|
| 1 | <i>Lactobacillus bulgaricus</i> | Yoghurt |
| 2 | <i>Acetobacter xylinum</i> | Nata de coco |
| 3 | <i>Streptococcuslactis</i> | Mentega |
| 4 | <i>Acetobacter</i> | Asam cuka |
| 5 | <i>Loctobacillus sp.</i> | Terasi |
| 6 | <i>Loctobacillus sp</i> | Asinan buah-buahan |
| 7 | <i>Clostridium bitricum</i> | Asam butirat |
| 8 | <i>Propioni bactericum</i> | Asam propionate |

b) Bakteri yang Merugikan

- (1) Bakteri yang menyebabkan penyakit pada manusia

Tabel 2.4 Bakteri penyebab penyakit pada manusia

| No | Nama bakteri | Nama penyakit | Tempat infeksi |
|----|--------------|---------------|----------------|
|----|--------------|---------------|----------------|

¹¹¹ Idun Kistinah, *Biologi...*, hal.105-109

| | | | |
|----|-----------------------------------|------------|----------------|
| 1 | <i>Clostridium tetani</i> | Tetanus | Otot |
| 2 | <i>Diplococcus pneumonia</i> | Pneumonia | Paru-paru |
| 3 | <i>Mycobacterium tuberculosis</i> | TBC | Paru-paru |
| 4 | <i>Mycobacterium leprae</i> | Lepra | Kulit |
| 5 | <i>Neisseria gonorrhoe</i> | Rajasinga | Alat kelamin |
| 6 | <i>Pasteurella pestis</i> | Pes/sampar | Kelenjar darah |
| 7 | <i>Salmonella typhosa</i> | Tipus | Usus halus |
| 8 | <i>Shigella dysentriae</i> | Disentri | Kelenjar darah |
| 9 | <i>Treponema pallidum</i> | Sifilis | Alat kelamin |
| 10 | <i>Vibrio comma</i> | Kolera | Usus halus |

(2) Bakteri penyebab penyakit pada hewan

Tabel 2.5 Bakteri penyebab penyakit pada hewan

| No | Nama bakteri | Penyakit |
|----|--------------------------------|------------------------------------|
| 1 | <i>Actinomyces bovis</i> | Rahang bengkak pada sapi |
| 2 | <i>Bacillus anthracis</i> | Penyakit antraks pada hewan ternak |
| 3 | <i>Streptococcus agalactia</i> | Radang payudara sapi |
| 4 | <i>Cytophaga columnaris</i> | Penyakit pada ikan |
| 5 | <i>Brucella abortus</i> | Penyakit bruselosis pada sapi |
| 6 | <i>Salmonella pullorum</i> | Berak kapur pada ayam |

(3) Bakteri penyebab penyakit pada tanaman

Tabel 2.6 Penyebab penyakit pada tanaman

| No | Nama bakteri | Penyakit |
|----|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 | <i>Xanthomonas oryzae</i> | Menyerang pucuk batang padi |
| 2 | <i>Xanthomonas campestris</i> | Menyerang tanaman kubis |
| 3 | <i>Pseudomonas solenacearum</i> | Penyakit layu pada terung-terungan |
| 4 | <i>Erwinia amylovora</i> | Penyakit bonyok pada buah-buahan |

(4) Bakteri yang merusak bahan makanan

- *Acetobacter*, mengubah etanol (alkohol) menjadi asam cuka sehingga merugikan perusahaan anggur.
- *Pseudomonas cocovenans*, membentuk asam bongkrek (racun) dari tempe bongkrek.
- *Clostridium botulinum*, penghasil racun makanan dan asam butirat.

c) Cara menanggulangi bakteri yang merugikan

- Pengawetan makanan

Pengawetan makanan bertujuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dalam makanan. Mikroorganisme tidak dapat timbul pada lingkungan yang berkadar garam tinggi, di daerah kadar gula tinggi, kadar asam, kadar air rendah, dan suhu yang rendah. Beberapa cara pengawetan bahan makanan antara lain :

- Pengawetan makanan dengan bahan kimia misal penambahan asam benzoate
- Pengasinan misal ikan asin
- Pemberian gula misal dodol
- Pengasaman misal acar
- Pengeringan misal kerupuk
- Pendinginan misal pada buah,daging,ikan
- Pengolahan makanan

Pengolahan makanan dapat dilakukan dengan cara pemanasan. Bentuk pemanasan dapat berupa pasteurisasi. Pasteurisasi adalah pemanasan bahan makanan pada suhu 60-70°C selama 30 menit. Setelah dingin, bahan makanan dapat dipanaskan lagi beberapa kali pada suhu dan waktu yang sama. Pasteurisasi susu bertujuan untuk membunuh bakteri yang merugikan, tetapi tidak membunuh bakteri yang menguntungkan serta mempertahankan rasa dan aroma khas susu. Susu ini dapat bertahan 12 jam dari bakteri patogen, misalnya *Salmonella* dan *Mycobacterium*.

- Sterilisasi

Sterilisasi berasal dari kata steril yang berarti bebas mikroorganisme. Sterilisasi merupakan pengolahan makanan dengan cara pemanasan menggunakan udara panas atau uap air panas yang bertekanan tinggi. Alat yang digunakan adalah oven atau autoklaf. Sterilisasi ini ada dua macam, yaitu sterilisasi alat dan bahan makanan. Sterilisasi biasa dilakukan pada industri makanan dan minuman. Contohnya makanan dan minuman kaleng.

- **Menjaga Kebersihan dan Kesehatan Diri serta Lingkungan**

Cara hidup yang sehat adalah selalu tetap menjaga kebersihan dan kesehatan diri dengan lingkungan. Upaya untuk menjaga kebersihan dan kesehatan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Selalu menjaga badan yaitu dengan cara mandi teratur, dan mencuci tangan sebelum makan.
- Olahraga dengan teratur
- Makan makanan bergizi
- Istirahat yang cukup
- Menjaga kebersihan lingkungan
- Imunisasi

B. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa dalam konsep ilmu pengetahuan diantaranya :

1. Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Konsep Archaeobacteria Dan Eubacteria dengan Menggunakan Tes Diagnostik Pilihan Ganda Beralasan, Skripsi Fina

Nurul Khotimah pada tahun 2014, menunjukkan hasil penelitian bahwa sebanyak 19 % siswa kelas X MAN 13 Jakarta mengalami miskonsepsi pada konsep archaeobacteria dan eubacteria. Miskonsepsi yang banyak terjadi ialah jenis miskonsepsi utuh, namun jumlah tersebut masih jauh dibawah siswa yang masuk dalam katategori tidak paham konsep yaitu sebesar 61 %.¹¹²

2. Analisis Deskriptif Miskonsepsi Siswa SMA Pada Materi Sistem Saraf Manusia Menggunakan Teknik Certainty Response Index, Artikel penelitian Budi Rahayu pada tahun 2016, menunjukkan hasil penelitian bahwa sebagian kecil siswa mengalami miskonsepsi pada sistem saraf pusat, sebagian besar siswa mengalami miskonsepsi pada konsep neuron, konsep fungsi akson, konsep fungsi neuron sensorik dan cara kerja saraf simpatik, serta cukup besar siswa mengalami miskonsepsi pada konsep sistem saraf tepi manusia.¹¹³
3. Penggunaan Tes Diagnostik *Two-Tier Multiple Choice* untuk Menganalisis Miskonsepsi Siswa Kelas X pada Materi Archaeobacteria dan Eubacteria, Artikel penelitian oleh Nining Kurniasih dan Nukhbatul Bidayati pada tahun 2017 menunjukkan hasil penelitian bahwa 26 % siswa SMAN 9 Bandar Lampung mengalami miskonsepsi pada konsep *Archaeobacteria* dan *Eubacteria* sedangkan sisa persentase kategori lainnya didominasi oleh kategori memahami, menebak dan tidak paham konsep.¹¹⁴

¹¹² Fina Nurul Khotimah, *Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Konsep Archaeobacteria Dan Eubacteria dengan Menggunakan Tes Diagnostik Pilihan Ganda Beralasan*, (Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2014), hlm.74

¹¹³ Budi Rahayu, *Analisis Deskriptif Miskonsepsi Siswa SMA Pada Materi Sistem Saraf Manusia Menggunakan Teknik Certainty Response Index*, (Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 2016), hlm.6

¹¹⁴ Nining Kurniasih dan Nukhbatul Bidayati, *Penggunaan Tes Diagnostik Two-Tier Multiple Choice untuk Menganalisis Miskonsepsi Siswa Kelas X pada Materi Archaeobacteria dan Eubacteria*, (Pendidikan Biologi, FTIK, UIN Raden Intan Lampung, 2017), hlm.126

4. Pengembangan Tes Diagnostik Pilihan Ganda Dua Tingkat untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi pada Materi Gerak Dua Dimensi. Skripsi milik sri rahayu pada tahun 2009. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase siswa yang mengalami miskonsepsi sebesar 44,25% dari 40 siswa yang diteliti. Indikator atau sub pokok bahasan yang mengalami miskonsepsi pada bahan kajian gerak dua dimensi (gerak parabola dan gerak melingkar) terdapat pada indikator menganalisis vektor posisi, kecepatan dan percepatan gerak parabola; dan indikator merumuskan hubungan posisi, kecepatan dan percepatan gerak parabola.
5. Analisis Miskonsepsi Materi Substansi Genetik pada Siswa Kelas XII IPA MA Nurul Ulum Munjungan Tahun Ajaran 2018/2019, skripsi Ulfa Aziza tahun 2019 menunjukkan hasil bahwa Persentase miskonsepsi siswa berkemampuan tinggi sebesar 27,5%, persentase siswa berkemampuan sedang sebesar 31,7% dan persentase siswa berkemampuan rendah sebesar 28,6%. Faktor yang menyebabkan miskonsepsi ada 4 yakni, siswa, pengajar, konteks, dan cara mengajar. solusi untuk mengatasi miskonsepsi tersebut dengan memilih guru yang sesuai bidang keahlian, menggunakan strategi pembelajaran RQA, dan menggunakan model pembelajaran kooperatif.

Tabel 2.7 Perbandingan penelitian yang sedang dilakukan dengan penelitian terdahulu

| No | Identitas | Persamaan | Perbedaan |
|----|---|--|--|
| 1 | Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Konsep Archaeobacteria dan Eubacteria dengan Menggunakan Tes Diagnostik Pilihan Ganda Beralasan, skripsi Fina | 1. Fokus penelitian, jenis penelilitan dan metode penelitian sama. | 2. Konsep yang diambil berbeda penelitian terdahulu mengambil konsep archaeobacteria dan eubacteria, |

| | | | |
|---|--|---|--|
| | Nurul Khotimah tahun 2014 | | sedangkan penelitian ini mengambil konsep virus dan bakteri. 3. Subjek dan lokasi penelitian berbeda. |
| 2 | Analisis Deskriptif Miskonsepsi Siswa SMA Pada Materi Sistem Saraf Manusia Menggunakan Teknik Certainty Response Index, artikel penelitian Budi Rahayu tahun 2016 | 1. Metode dan jenis penelitian sama. 2. Fokus penelitian sama, untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa. | 1. Instrumen tes berbeda, penelitian terdahulu menggunakan MRI sedangkan penelitian ini menggunakan tes diagnostic pilihan ganda beralasan. 2. Subjek dan lokasi penelitian berbeda. 3. Konsep yang diambil berbeda. |
| 3 | Penggunaan Tes Diagnostik <i>Two-Tier Multiple Choice</i> untuk Menganalisis Miskonsepsi Siswa Kelas X pada Materi Archaeobacteria dan Eubacteria. Artikel penelitian Nining Kurniasih dan Nukhbatul Bidayati pada tahun 2017. | 1. Metode dan jenis penelitian sama. 2. Fokus penelitian sama untuk mendeteksi miskonsepsi siswa. | 1. Instrumen tes yang digunakan berbeda. 2. Konsep yang diambil berbeda. 3. Subjek dan lokasi penelitian berbeda |
| 4 | Pengembangan Tes Diagnostik Pilihan Ganda Dua Tingkat untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi pada Materi Gerak Dua Dimensi | 1. Instrumen tes yang digunakan sama. 2. Fokus penelitian sama untuk mendeteksi miskonsepsi siswa. | 1. Metode penelitian berbeda, penelitian terdahulu menggunakan RnD sedangkan penelitian ini menggunakan metode kualitatif. 2. Konsep materi yang diambil berbeda. 3. Subjek dan lokasi penelitian berbeda. |

| | | | |
|---|---|--|---|
| 5 | Analisis Miskonsepsi Materi Substansi Genetik pada Siswa Kelas XII IPA MA Nurul Ulum Munjungan Tahun Ajaran 2018/2019 | 1. Fokus penelitian, jenis penelitian, dan metode penelitian sama. | 1. Instrumen tes yang digunakan berbeda. 2. Konsep yang diambil berbeda. 3. Subjek dan lokasi penelitian berbeda. |
|---|---|--|---|

C. Paradigma Penelitian

Sebelum memasuki pendidikan formal atau sekolah, sejak kecil anak-anak telah mendapatkan pendidikan dari keluarga dan lingkungan sekitar, disinilah pembentukan awal konsep terbentuk pada anak-anak. Hasil dari pembentukan awal konsep yang dilakukan anak-anak berdasarkan pengalaman konkretnya disebut prakonsepsi. Karena prakonsepsi dibangun berdasarkan pengalaman masing-masing anak dan keadaan lingkungan masing-masing pula, maka prakonsepsi tersebut bisa saja sesuai dengan konsep ilmiah atau justru bertentangan.

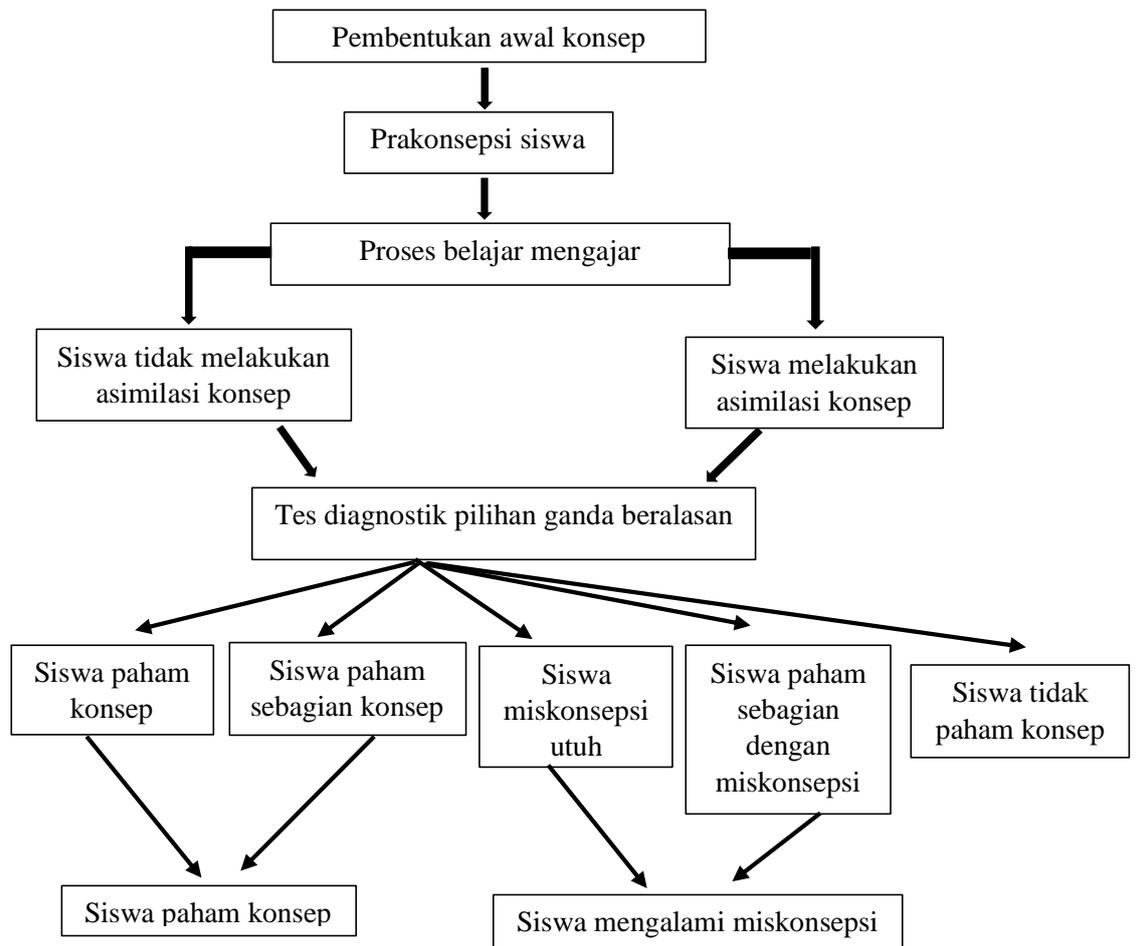
Setelah anak-anak masuk dalam dunia sekolah, mereka mulai mengalami pembelajaran yang merangsang anak untuk mengaitkan konsep yang dimiliki sebelumnya lewat prakonsepsi dengan pengetahuan yang sesungguhnya atau disebut asimilasi konsep. Asimilasi konsep akan menghasilkan konsep yang baik dan lengkap jika pembelajaran yang dialami anak-anak saat menjadi siswa adalah pembelajaran yang bermakna, karena siswa dapat mengaitkan konsep yang didapat saat masa sebelum sekolah dengan berbagai macam objek nyata yang dijelaskan oleh pendidik. Namun apabila pembelajaran yang dilakukan tidak bermakna misalnya mempelajari suatu materi hanya pada apa yang tertulis dibuku tanpa mengetahui bentuk aslinya, maka siswa akan sulit memahami suatu konsep.

Pembelajaran yang tidak bermakna ini bisa dimisalkan dengan metode hafalan yang banyak dilakukan siswa ketika akan menghadapi ulangan, hafalan yang mereka lakukan mengakibatkan mereka hanya memahami apa yang tertulis di buku tanpa mengetahui *real content*nya sehingga siswa bisa saja lupa, tidak paham konsep, bahkan miskonsepsi.

Miskonsepsi yang telah melekat pada pola pikir siswa akan menyesatkan pemahaman siswa dalam memahami fenomena alamiah atau eksplanasi alamiah. Hal ini berdampak negatif pada materi lanjutan yang berhubungan. Maka dari itu perlu dilakukan alat untuk mendeteksi miskonsepsi pada siswa agar miskonsepsi bisa diluruskan dan pengetahuan siswa tentang materi selanjutnya tidak terganggu. Dalam hal ini, materi biologi yang banyak berhubungan dengan kehidupan sehari-hari siswa memiliki kemungkinan besar terjadi miskonsepsi siswa, apalagi terkait materi biologi mikroskopis yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang. Materi awal untuk mempelajari biologi mikroskopis dimulai dari bab virus dan bakteri, bila siswa mampu membentuk konsep yang utuh pada materi tersebut maka untuk materi mikroskopis setelahnya siswa tidak akan sulit memahaminya.

Media pendeteksi miskonsepsi salah satunya ada tes diagnostik pilihan ganda beralasan. Tes ini bisa mengukur pemahaman siswa tentang suatu konsep hingga bagian subkonsepnya secara objektif. Tes terdiri dari soal dan pilihan jawaban serta dilengkapi kolom alasan atas pemilihan jawaban pada pilihan ganda yang harus diisi siswa pada setiap butir soalnya. Penggunaan tes diagnostik pilihan ganda beralasan ini akan memudahkan guru dalam mengidentifikasi kelompok

siswa yang sudah paham konsep, tidak paham konsep, dan siswa yang mengalami miskonsepsi untuk diberikan pemahaman yang benar tentang konsep tersebut.



Gambar 2.15 Bagan Paradigma Penelitian