



5.1 Metabolisme

1. Metabolisme ialah proses kimia yang berlaku dalam sel hidup atau organisma. Metabolisme diperlukan untuk penyelenggaraan hidup.
2. Sesetengah molekul diurai untuk dioksidakan bagi menghasilkan tenaga kimia manakala sesetengah bahan digunakan untuk mensintesis bahan yang lebih kompleks mengikut keperluan tubuh badan. Proses metabolisme terdiri daripada dua tindak balas iaitu katabolisme dan anabolisme.
3. Katabolisme adalah tindak balas kimia yang memecahkan molekul kompleks kepada molekul yang lebih ringkas. Katabolisme mungkin diperlukan untuk penghasilan tenaga atau untuk tujuan lain.
4. Anabolisme adalah tindak balas yang menggunakan molekul ringkas bagi mensintesis molekul yang lebih kompleks.

Perbezaan antara katabolisme dan anabolisme

Jadual 5.1 Perbezaan antara katabolisme dan anabolisme

Katabolisme	Aspek	Anabolisme
Proses metabolik yang memecahkan molekul kompleks kepada molekul ringkas	Definisi	Proses metabolik yang membentuk molekul kompleks daripada molekul ringkas
Membebaskan tenaga	Penglibatan tenaga	Menggunakan tenaga
• Pemecahan glikogen membentuk glukosa • Pemecahan trigliserida membentuk asid lemak dan gliserol • Pemecahan protein / polipeptida membentuk asid amino	Contoh	• Kondensasi glukosa membentuk glikogen • Kondensasi asid lemak dan gliserol membentuk trigliserida • Kondensasi asid amino membentuk protein / polipeptida

Cuba Ini!

5.1

1. (a) Nyatakan dua jenis tindak balas yang terdapat dalam metabolisme.
(b) Bezakan kedua-dua tindak balas tersebut.
(c) Berikan contoh bagi kedua-duanya.
2. Metabolisme berlaku dalam manusia, haiwan, kulat dan lumut. Wajarkan.
3. Adakah kadar metabolisme berkait dengan berat badan seseorang. Terangkan.

INGATI!

Metabolisme terdiri daripada dua jenis tindak balas.

1. **Katabolisme** – Pemecahan molekul **kompleks** kepada molekul **ringkas** (Kkr).
2. **Anabolisme** – Kondensasi molekul **ringkas** hasil katabolisme menjadi molekul **kompleks** (Ark).

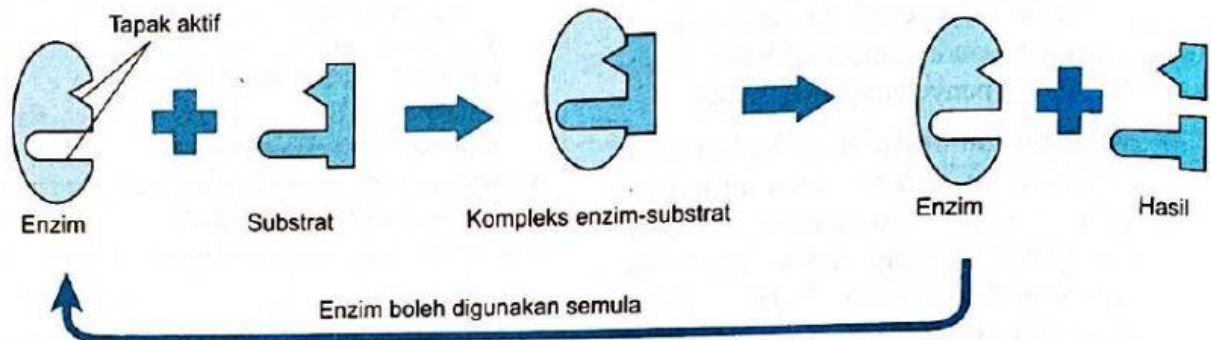
Tingkatan 4

5.2 Enzim

1. Enzim ialah sebatian organik yang terdapat dalam organisma hidup yang dikenali sebagai pemangkin biologi.
2. Enzim merupakan molekul makro yang terbina daripada protein yang mengandungi unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur.
3. Kebanyakan enzim disintesis di dalam sel. Walau bagaimanapun, sebahagian kecil daripadanya diperbuat daripada molekul RNA dan dipanggil ribozim (enzim asid ribonukleik). Ribozim memangkin proses metabolisme yang berkaitan dengan sintesis protein di dalam ribosom.
4. Enzim diperlukan secara langsung untuk memangkin beribu-ribu tindak balas biokimia yang berlaku di dalam sel secara serentak. Contohnya, tindak balas metabolisme seperti pemecahan glukosa menjadi karbon dioksida dan air serta kondensasi glukosa menjadi glikogen.
5. Semua tindak balas tersebut berlaku pada kadar yang cepat dengan bantuan enzim bagi memenuhi keperluan sel.



6. Molekul yang terlibat dalam tindak balas yang dimangkin oleh enzim dipanggil substrat manakala molekul yang terbentuk hasil tindak balas enzim pula dipanggil hasil tindak balas.



Rajah 5.1 Tindak balas oleh enzim

Penamaan enzim

1. Nama enzim diterbitkan daripada substrat yang dimangkin olehnya dengan menambah -ase kepada nama substrat tersebut.

Substrat	Enzim
Lipid	Lipase
Maltosa	Maltase
Sukrosa	Sukrase
Laktosa	Laktase

2. Walau bagaimanapun, enzim yang wujud sebelum cara sistematik penamaan tersebut dikekalkan namanya seperti pepsin, renin, tripsin dan erepsin.

Tip SPM

Protease adalah enzim yang memungkinkan tindak balas pencernaan protein secara umum.

Secara spesifik:

- Pepsin memungkinkan hidrolisis protein kepada polipeptida
- Renin adalah enzim yang mengentalkan susu.
- Tripsin memungkinkan hidrolisis polipeptida kepada dipeptida
- Erepsin memungkinkan hidrolisis dipeptida kepada asid amino



Ciri-ciri enzim

Enzim adalah bersifat sangat **spesifik** kerana mempunyai tapak aktif yang sepadan dengan bentuk substrat yang dimungkinkan.

Tindak balas enzim adalah **berbalik**, iaitu enzim yang sama boleh digunakan untuk menukarkan molekul ringkas kepada molekul kompleks dan memecahkan molekul kompleks kepada molekul ringkas.

Aktiviti enzim boleh dipercepat oleh **kofaktor**. Contoh kofaktor organik ialah vitamin B dan contoh kofaktor tak organik ialah ion magnesium, besi dan kuprum.

Enzim **tidak musnah** selepas tindak balas. Oleh itu enzim boleh diguna berulang kali.

Aktiviti enzim boleh diperlahan atau dihentikan oleh **perencat**. Contoh perencat ialah logam berat iaitu merkuri dan plumbum.

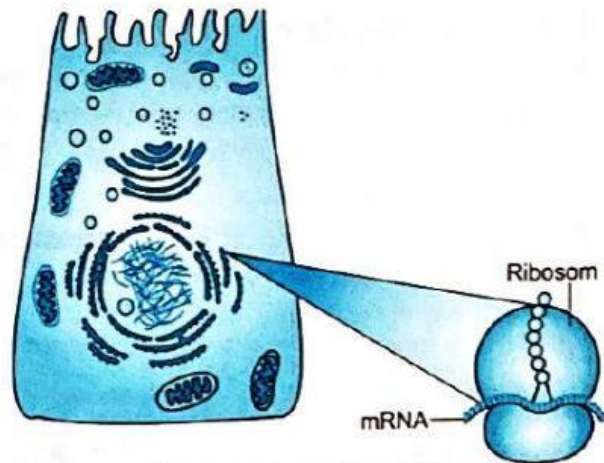
Enzim diperlukan dalam kuantiti yang **sedikit**. Satu molekul enzim yang sama bertindak berulang kali terhadap banyak substrat.



Penghasilan enzim

1. Terdapat dua jenis enzim iaitu:

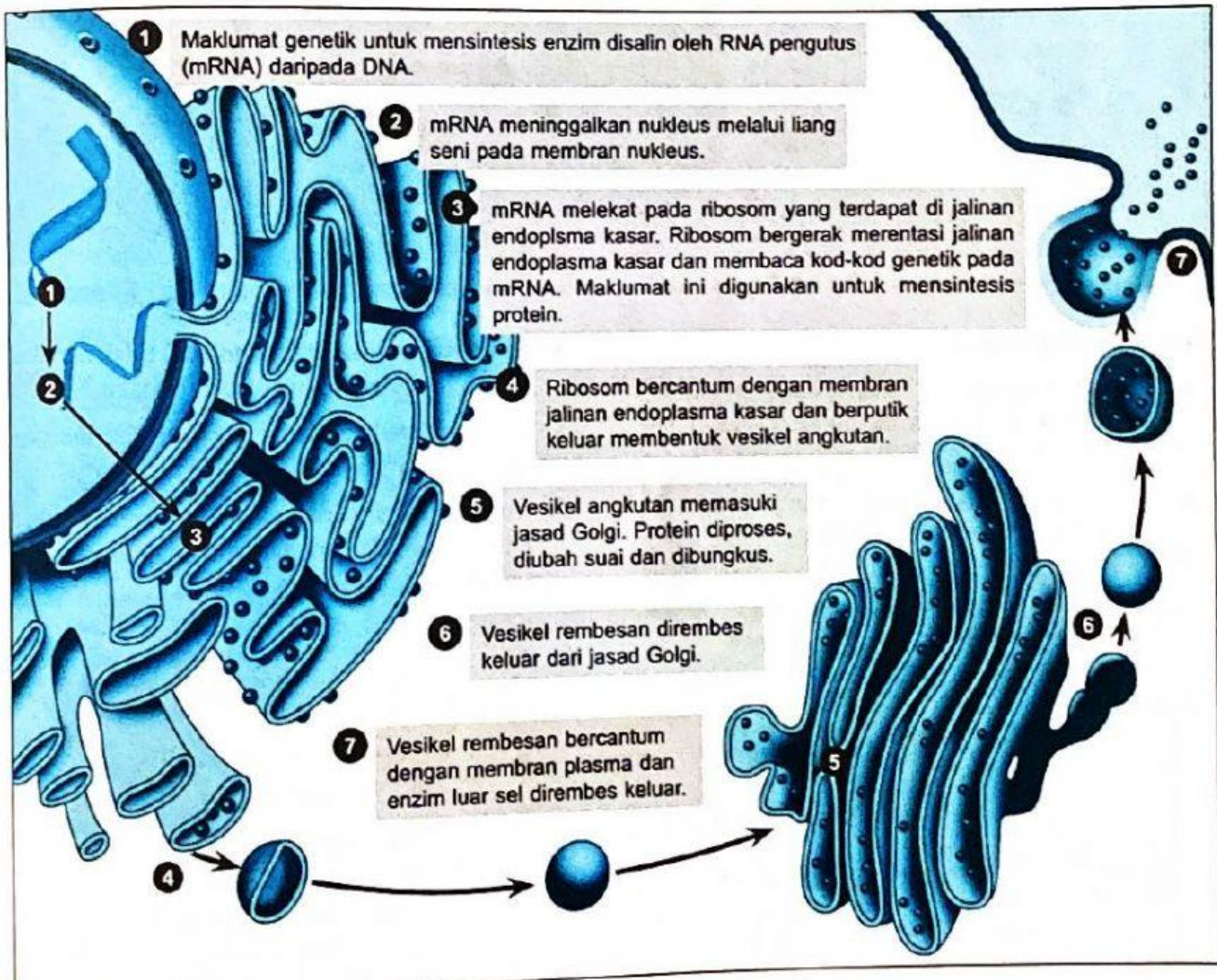
- Enzim intrasel:** Enzim yang disintesis di dalam sel dan dikekalkan untuk kegunaan sel tersebut. Enzim ini terdapat di dalam sitoplasma, nukleus, kloroplas dan membran plasma. Contohnya, enzim oksidoreduktase dan polimerase DNA.
- Enzim ekstrasel:** Enzim yang disintesis di dalam sel dan dirembes keluar untuk memangkinkan tindak balas yang berlaku di luar sel. Kebanyakan enzim pencernaan ialah enzim ekstrasel seperti lipase dan amilase.



Rajah 5.2 Tapak sintesis enzim

Tingkatan 4

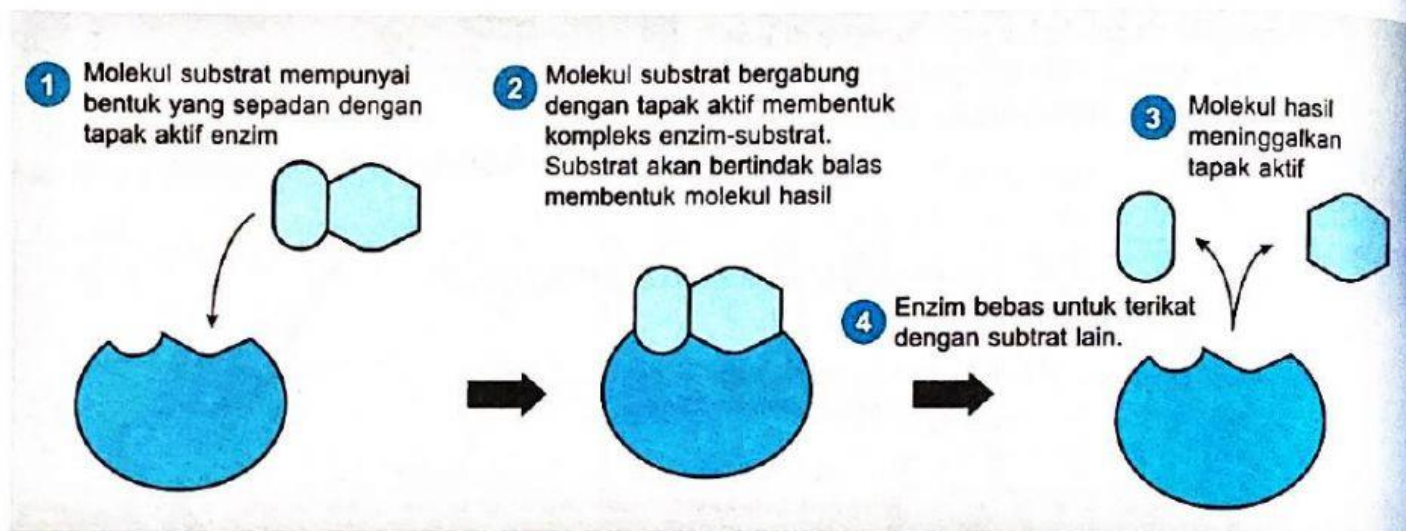
Sintesis enzim



Rajah 5.3 Penghasilan enzim ekstrasel

Mekanisme tindakan enzim

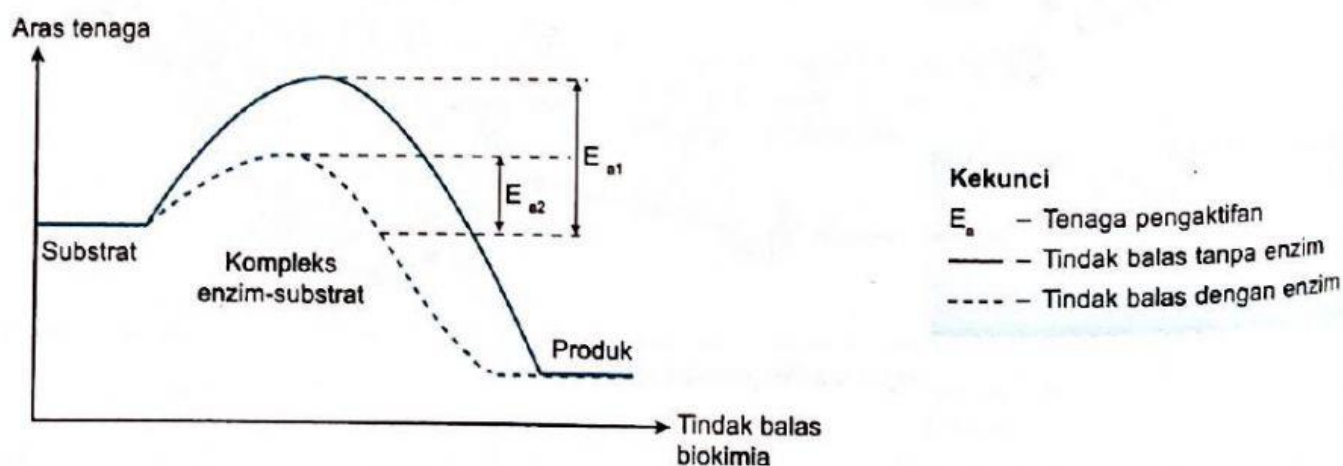
1. Enzim diperbuat daripada protein.
2. Rantai polipeptida enzim berlipat-lipat menjadi bentuk tiga dimensi yang kompleks. Struktur ini mempunyai lekukan yang dipanggil tapak aktif.
3. Tapak aktif mempunyai bentuk tersendiri yang sepadan dengan bentuk substrat.
4. Ciri ini membantu enzim berfungsi dengan membolehkan hanya molekul yang spesifik untuk terikat kepadanya.
5. Mekanisme tindakan enzim dikenali sebagai hipotesis mangga dan kunci kerana penggabungan substrat kepada enzim dapat diibaratkan seperti kunci dan mangga. Molekul substrat mewakili kunci manakala molekul enzim mewakili mangga.



Rajah 5.4 Mekanisme tindak balas enzim

Tenaga pengaktifan

1. Tenaga pengaktifan ialah tenaga minimum yang diperlukan untuk memulakan satu tindak balas kimia.
2. Bagi tindak balas biokimia yang berlaku di dalam badan kita, molekul bahan tindak balas memerlukan tenaga kinetik untuk melakukan perlanggaran dengan molekul lain untuk memulakan tindak balas.
3. Sekiranya perlanggaran molekul tidak berlaku, tindak balas kimia juga tidak berlaku.
4. Semakin rendah tenaga pengaktifan, semakin tinggi kadar tindak balas.
5. Enzim sebagai pemangkin dapat merendahkan tenaga pengaktifan dan meningkatkan kadar tindak balas kimia.

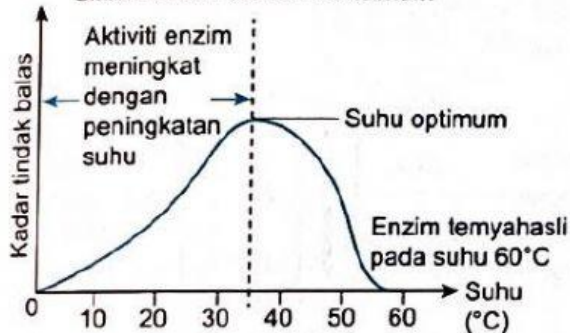


Rajah 5.5 Tindak balas yang berlaku dengan enzim sebagai pemangkin

Suhu

- Pada suhu rendah, kadar tindak balas yang dimangkin oleh enzim juga rendah.
- Apabila suhu meningkat, molekul substrat bergerak lebih pantas dan kadar tindak balas enzim menjadi lebih cepat.
- Getaran yang kuat oleh molekul-molekul enzim boleh mengubah bentuk tiga dimensi enzim lalu menyebabkan bentuk tapak aktif enzim turut berubah. Enzim **ternyahasi** dan tidak lagi boleh bergabung dengan substrat.
- Setiap enzim mempunyai suhu optimum. Kebanyakan enzim dalam badan kita mempunyai suhu optimum pada 37°C , iaitu suhu badan manusia manakala suhu optimum enzim tumbuhan ialah 25°C .

Pada suhu optimum 37°C , aktiviti enzim adalah maksimum

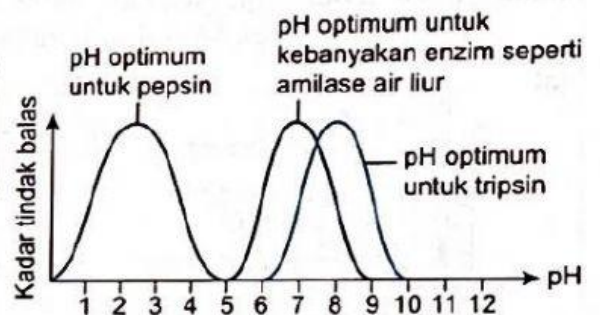


Rajah 5.6 Kesan suhu terhadap kadar tindak balas yang dimangkinkan oleh enzim

Faktor-faktor yang mempengaruhi aktiviti enzim

pH

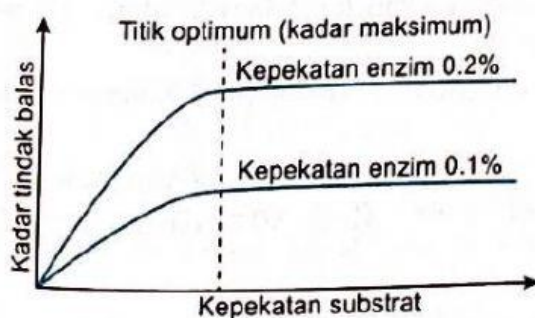
- Kebanyakan enzim berfungsi secara optimum pada julat pH sederhana, antara 6 hingga 8.
- Perubahan dalam pH boleh mengubah cas tapak aktif enzim dan permukaan substrat. Ini mengurangkan keupayaan kedua-dua molekul untuk bergabung.
- Apabila pH kembali optimum, cas ion pada enzim kembali kepada keadaan asal dan enzim akan berfungsi semula.



Rajah 5.7 pH optimum beberapa jenis enzim

Kepekatan substrat

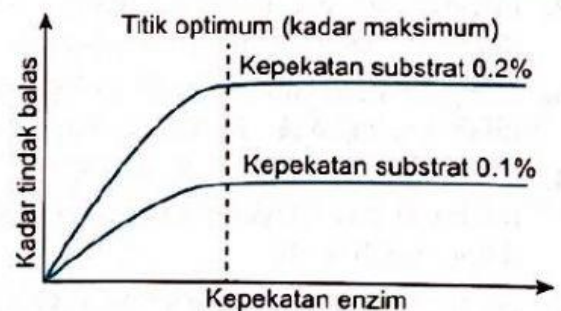
- Apabila kepekatan substrat bertambah, kadar tindak balas akan meningkat.
- Kadar tindak balas adalah **berkadar terus** dengan kepekatan substrat sehingga tindak balas mencapai kadar maksimum.
- Selepas kadar maksimum, sebarang peningkatan kepekatan substrat tidak akan memberi kesan terhadap kadar tindak balas kerana tapak aktif enzim sudah **tepu**.
- Kadar tindak balas menjadi **malar** kerana dihadkan oleh kepekatan enzim.



Rajah 5.8 Hubungan antara kadar tindak balas enzim dengan kepekatan substrat

Kepekatan enzim

- Apabila kepekatan enzim meningkat, terdapat lebih banyak molekul enzim. Ini meningkatkan peluang untuk molekul substrat terikat pada tapak aktif. Kadar tindak balas akan meningkat.
- Aktiviti enzim adalah **berkadar terus** dengan kepekatan enzim sehingga **tindak balas** mencapai kadar maksimum. Ini disebabkan semua tapak aktif enzim telah bergabung dengan substrat.
- Tindak balas menjadi **malar** kerana dihadkan oleh kepekatan substrat.



Rajah 5.9 Hubungan antara kadar tindak balas enzim dengan kepekatan enzim

Metabolism and Enzymes

Metabolisme dan Enzim

PAPER 1

1 Which equation represents catabolism reaction?
Persamaan manakah yang mewakili tindak balas katabolisme?

- A Carbon dioxide + water + energy → glucose + oxygen
Karbon dioksida + air + tenaga → glukosa + oksigen
- B Glucose → carbon dioxide + energy
Glukosa → karbon dioksida + tenaga
- C Glycerol + fatty acids → triglycerides
Gliserol + asid lemak → trigliserida
- D Amino acid + amino acid → dipeptide
Asid amino + asid amino → dipeptida

2 Which of the following involves an anabolic reaction?

Antara yang berikut, yang manakah melibatkan tindak balas anabolik?

- A The breakdown of compounds into elements.
Proses penguraian sebatian kepada unsur.
- B The synthesis of compounds from elements.
Proses sintesis sebatian daripada unsur.
- C The synthesis of complex molecules from simple molecules.
Proses sintesis molekul kompleks daripada molekul ringkas.
- D The breakdown of complex molecules from simple molecules.
Proses penguraian molekul kompleks daripada molekul ringkas.

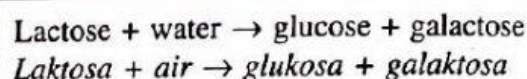
3 Enzyme activity can be slowed down or stopped by enzyme inhibitors. Which of the following is an enzyme inhibitor?

Aktiviti enzim boleh diperlahankan atau dihentikan oleh perencat enzim. Antara berikut yang manakah perencat enzim?

- A Magnesium ion/Ion magnesium
- B Zinc/Zink
- C Vitamin B/Vitamin B
- D Mercury/Merkuri

4 The equation below is the process of hydrolysis of lactose catalysed by an enzyme. What is the enzyme involved?

Persamaan di bawah adalah proses hidrolisis laktosa yang dimungkinkan oleh satu enzim. Apakah enzim yang terlibat?



- A Lactase
Laktase
- B Amilase
Amilase
- C Lipase
Lipase
- D Protease
Protease

5 Which of the following are the characteristics of enzymes?

Antara yang berikut, yang manakah adalah ciri-ciri bagi enzim?

- I Enzymes act rapidly
Enzim bertindak dengan pantas
- II Enzymes are biological catalysts that increase the product of a reaction.
Enzim adalah mangkin biologi yang meningkatkan hasil tindak balas
- III The reaction of enzymes is specific
Tindakan enzim adalah spesifik
- IV The structure of enzymes is destroyed after a reaction.
Struktur enzim termusnah selepas suatu tindak balas

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| A I and II
<i>I dan II</i> | B I and III
<i>I dan III</i> |
| C II and IV
<i>II dan IV</i> | D III and IV
<i>III dan IV</i> |

- 6 The following statements are about organelle X in the production of extracellular enzymes.
Pernyataan berikut adalah mengenai organel X dalam penghasilan enzim ekstrasel.

- Proteins inside the transport vesicles move towards X.
Protein di dalam vesikel angkutan bergerak ke arah X.
- In X, proteins are modified into enzymes.
Di dalam X, protein diubahsuai kepada enzim.

What is organelle X?

Apakah organel X?

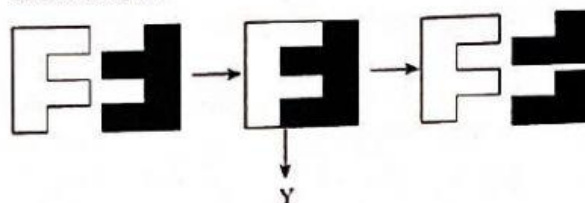
- A Golgi apparatus
Jasad Golgi
- B Rough endoplasmic reticulum
Jalinan endoplasma kasar
- C Ribosome
Ribosom
- D Nucleus
Nukleus

- 7 Which of the following is the correct sequence of the organelles in the production of extracellular enzymes?
Antara berikut, yang manakah urutan rangkaian organel yang betul dalam penghasilan enzim ekstrasel?

- A Ribosomes → Secretory vesicles → Golgi apparatus → Transport vesicles
Ribosom → Vesikel rembesan → Jasad golgi → Vesikel angkutan
- B Ribosomes → Transport vesicles → Golgi apparatus → Secretory vesicles
Ribosom → Vesikel angkutan → Jasad golgi → Vesikel rembesan
- C Secretory vesicles → Golgi apparatus → Transport vesicles → Ribosomes
Vesikel rembesan → Jasad golgi → Vesikel angkutan → Ribosom
- D Transport vesicles → Secretory vesicles → Golgi apparatus → Ribosomes
Vesikel angkutan → Vesikel rembesan → Jasad golgi → Ribosom

- 8 The diagram below shows the action of an enzyme.

Rajah di bawah menunjukkan tindak balas suatu enzim.



What is Y?

Apakah Y?

- A Substrate
Substrat
- B Enzyme
Enzim
- C Enzyme-substrate complex
Kompleks enzim-substrat
- D Product
Produk

- 9 X can make some enzymes work more efficiently. What is X?

X boleh menyebabkan sesetengah enzim berfungsi dengan lebih berkesan. Apakah X?

- A Substrate/Substrat
- B Product/Product
- C Inhibitor/Perencat
- D Cofactor/Kofaktor

- 10 Which enzyme is involved in the production of leather-based products?

Enzim yang manakah terlibat dalam penghasilan produk berasaskan kulit?

- A Trypsin/Tripsin
- B Protease/Protease
- C Lipase/Lipase
- D Amylase/Amilase

- 11 Which enzymes can be used to remove oil stains from clothing?

Enzim yang manakah boleh digunakan untuk menanggalkan minyak daripada pakaian?

- A Protease/Protease
- B Trypsin/Tripsin
- C Amylase/Amilase
- D Lipase/Lipase