



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202006971, 19 Februari 2020

Pencipta

Nama : **DYAH AYU FAJARIANINGTYAS, S.Si., M.Pd, JEFRI NUR HIDAYAT,**
Alamat : JL SEMANGKA BLOK MELATI B-37 RT/RW 006/010, Desa/Kel Kolor
Kec. Kota Sumenep, Kab. Sumenep, Sumenep, Jawa Timur, 69417
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **DYAH AYU FAJARIANINGTYAS, S.Si., M.Pd, JEFRI NUR HIDAYAT,**
Alamat : JL SEMANGKA BLOK MELATI B-37 RT/RW 006/010, Desa/Kel Kolor
Kec. Kota Sumenep, Kab. Sumenep, Sumenep, 10, 69417
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Buku Panduan/Petunjuk**
Judul Ciptaan : **PETUNJUK PRAKTIKUM BIOLOGI DASAR BERBASIS MASALAH**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 17 Februari 2020, di Sumenep
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan : 000180056

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	DYAH AYU FAJARIANINGTYAS, S.Si., M.Pd	JL SEMANGKA BLOK MELATI B-37 RT/RW 006/010, Desa/Kel Kolor Kec. Kota Sumenep, Kab. Sumenep
2	JEFRI NUR HIDAYAT	DUSUN PANGGULAN RT 006/RW 002 Desa/Kel KEBUNDADAP TIMUR, Kec. SARONGGI Kab. SUMENEP

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	DYAH AYU FAJARIANINGTYAS, S.Si., M.Pd	JL SEMANGKA BLOK MELATI B-37 RT/RW 006/010, Desa/Kel Kolor Kec. Kota Sumenep, Kab. Sumenep
2	JEFRI NUR HIDAYAT	DUSUN PANGGULAN RT 006/RW 002 Desa/Kel KEBUNDADAP TIMUR, Kec. SARONGGI Kab. SUMENEP



PETUNJUK PRAKTIKUM

BIOLOGI DASAR

Berbasis Masalah



Dyah Ayu Fajariningtyas, S.Si., M.Pd.
Jefri Nur Hidayat, M.Si.



Prodi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Wiraraja

Petunjuk Praktikum

BIOLOGI DASAR

Berbasis Masalah

**Dyah Ayu Fajarianingtyas, S.Si., M.Pd.
Jefri Nur Hidayat, M.Si.**

Prodi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Wiraraja

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, berkat rahmat Allah SWT serta dukungan dan partisipasi berbagai pihak akhirnya petunjuk praktikum Biologi Dasar Berbasis Masalah dengan beberapa judul telah rampung disusun untuk mahasiswa Pendidikan IPA. Petunjuk Praktikum ini memiliki 2 (dua) judul yaitu Fotosintesis dan Respirasi.

Akhirnya kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan berpartisipasi dalam penyusunan Petunjuk Praktikum Biologi Dasar Berbasis Masalah ini. Kami doakan semoga semua dukungan dan partisipasi berupa pikiran, tenaga, waktu dan materi bernilai ibadah di sisi Tuhan Yang Maha Kuasa. Amin.

Sumenep, Agustus 2019

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii

FOTOSINTESIS

Fokus Kajian Masalah	1
Tujuan	1
Konsep Kunci	2
Petunjuk	2
Informasi Pendukung	2
Cek Pengetahuan	4
Ayo Buktikan!	5
Penilaian	9
Daftar Pustaka	9

RESPIRATION

Fokus Kajian Masalah	10
Tujuan	10
Konsep Kunci	11
Petunjuk	11
Informasi Pendukung	11
Cek Pengetahuan	13
Ayo Buktikan!	21
Penilaian	24
Daftar Pustaka	24



FOTOSINTESIS



FOKUS KAJIAN MASALAH

Fenomena fotosintesis telah digali sejak lama oleh para ilmuwan, khususnya bidang fisiologi tumbuhan. Joseph Priestley (1772), seorang ahli kimia Inggris menemukan bahwa tumbuhan mengeluarkan suatu gas yang membuat api lilin dapat menyala walaupun dalam tabung gelas yang tertutup. Dalam sungkup tabung gelas tanpa tanaman, api lilin yang dinyalakan cepat padam. Namun setelah ke dalamnya disusupkan tanaman, pada beberapa hari kemudian ternyata lilin dapat dinyalakan lagi. *Lilin tetap menyala selama “gas” dari tanaman itu masih ada.*



TUJUAN

1. Mahasiswa dapat membuktikan bahwa produk glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan oksigen (O_2) dihasilkan dalam proses fotosintesis



KONSEP KUNCI

☞ Dasar-dasar Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses ketika energi sinar ditransformasi menjadi energi kimia yang disimpan dalam ikatan-ikatan dalam gula yang terbuat dari karbondioksida dan air.

☞ Kloroplas: Tempat Fotosintesis

Kloroplas mengandung cairan kental yang disebut stroma yang mengelilingi jejaring membran yang disebut tilakoid.



PETUNJUK

Praktikum ini akan dapat dikuasai oleh mahasiswa secara komprehensif dengan mengikuti petunjuk praktikum:

1. Baca dan pahami tujuan praktikum dengan cermat.
2. Pelajari dengan baik konsep kunci dan informasi pendukung yang disajikan pada bagian isi *petunjuk praktikum*.
3. Perdalam pemahaman tentang materi ini dengan mengerjakan tugas yang ada di akhir petunjuk praktikum. Jika mengalami kesulitan carilah informasi penunjang yang relevan di buku, artikel ilmiah yang ada di jurnal, dll.



INFORMASI PENDUKUNG

Proses yang digunakan oleh tumbuhan, alga (yang merupakan Protista), dan bakteri tertentu untuk mentransformasi energi sinar menjadi energi kimia,

menggunakan karbondioksida dan air sebagai materi awal dan melepaskan gas oksigen sebagai produk sampingan. Energi kimia yang dihasilkan melalui fotosintesis disimpan dalam ikatan-ikatan pada molekul gula (Campbell, 2015).

Hasil penelitian Nio Song Ai (2012) didapatkan (1) Evolusi fotosintesis dimulai dengan tidak dipecahnya molekul air dan tanpa pelepasan oksigen sampai dengan terjadinya pemisahan antara fotosintesis dan respirasi. (2) Evolusi tipe-tipe fotosintesis seperti C₄ dan CAM merupakan respons terhadap menurunnya rasio CO₂ dan O₂ dan kondisi atmosfer dengan radiasi yang intensif. (3) Tumbuhan C₄ berkembang dari tumbuhan C₃ melalui evolusi konvergen yang dipengaruhi oleh rendahnya konsentrasi CO₂ di atmosfer, latituda, altituda, temperatur dan kadar garam. (4) Konsentrasi CO₂ di atmosfer yang meningkat akhir-akhir ini menguntungkan tumbuhan C₃. (5) Fiksasi CO₂ pada beberapa tumbuhan CAM dapat berubah menjadi tumbuhan C₃ setelah hujan atau temperatur lingkungan yang tinggi pada malam hari.

Hasil penelitian Pertamawati (2010); didapatkan kondisi lingkungan in vitro fotoautotrof berpengaruh positif terhadap pertumbuhan planlet kentang varietas Atlantic. Semakin lama masa kultur semakin meningkat fotosintat yang dihasilkan dalam proses fotosintesis, terlihat dari semakin meningkatnya pertumbuhan planlet. Proses fotosintesis dalam kondisi suhu dan intensitas cahaya yang lebih tinggi berjalan lebih baik sehingga menghasilkan planlet yang lebih berat, daun yang lebih berat tetapi batang planlet lebih pendek.



CEK PENGETAHUAN

Mengamati Fotosintesis

Bagaimana kita mengenali adanya fotosintesis? Berdasar persamaan reaksi fotosintesisnya, kita dapat mengenali fotosintesis melalui beberapa tanda atau gejala yang ditunjukkan. Tanda tersebut adalah (1) adanya gas O₂ yang dilepaskan. (2) ada tidaknya zat tepung (amilum), atau (3) diserapnya CO₂. Pada tumbuhan air seperti Hydrilla, O₂ yang dilepaskan kita kenali berupa gelembung udara.

Hasil awal fotosintesis adalah berupa zat gula sederhana yang disebut glukosa (C₆H₁₂O₆). Selanjutnya, sebagian akan diubah menjadi amilum (zat tepung) = gula yang ditimbun di daun, atau disimpan sebagai pati.



Pemanfaatan Hasil Fotosintesis

Zat gula hasil fotosintesis akan digunakan untuk berbagai kepentingan tubuh tumbuhan. Sebagian zat gula akan dirombak untuk menghasilkan energi. Energi sangat dibutuhkan untuk berbagai aktivitas tubuh. Sebagian akan digunakan untuk membangun atau membentuk tubuh tumbuhan. Tumbuhan butuh tumbuh, berkembang, membentuk anakan atau bertunas, membentuk bunga, buah, biji, dsb. Sebagian akan dijadikan bahan baku untuk menyusun zat-zat penting lain yang dibutuhkan. Misalnya, protein, lemak dan vitamin. Sebagian yang lain akan ditimbun dalam jaringan penimbunan. Misalnya dalam bentuk ubi, umbi, buah dan biji.

Contoh Tempat-tempat Penimbunan Hasil Fotosintesis

No	Contoh Tanaman	Jaringan Penimbunan Utama
1	Ketela rambat (<i>Ipomoea batatas</i>)	Akar (ubi)
2	Singkong (<i>Manihot utilisima</i>)	Akar (ubi)
3	Kentang (<i>Solanum tuberosum</i>) / <i>Lycopersicum esculentum</i>	Umbi kentang
4	Tebu (<i>Sacharum officinarum</i>)	Batang
5	Gadung (<i>Dioscorea sp</i>)	Umbi
6	Entong-entongan	Batang (berdaging = sukulen)
7	Katibung (<i>Tuber accesorium</i>)	Umbi (Menggantung pada batang)
8	Banguang (<i>Pacchyrrhizus erosus</i>)	Umbi akar
9	Padi (<i>Oriza sativa</i>)_	Biji padi (beras)
10	Tumbuhan berbuah – berbiji	Buah dan biji



AYO BUKTIKAN!

Berdasarkan fokus kajian masalah, maka lakukan kegiatan 1 dan 2, buktikan!

Kegiatan 1. Percobaan Sachs (1860)



!Percobaan sachs adalah rancangan percobaan yang dilakukan Julius von Sachs seorang ahli botani asal Jerman pada tahun 1860, dalam percobaannya ia berhasil membuktikan kesimpulan bahwa fotosintesis menghasilkan zat tepung), untuk mengetahui adanya amilum dapat diuji dengan menggunakan yodium.

Alat

1. Gelas beker 500 mL
2. Tabung reaksi
3. Cawan petri
4. Lampu spiritus/kompor
5. Kaki tiga
6. Penjepit
7. Kertas aluminium foil
8. Gunting
9. Pipet tetes

Bahan

1. Air Suling
2. Alkohol 96%
3. Larutan Lugol
4. Daun dikotil
5. Kertas timah

Prosedur Kerja

1. Pilih tumbuhan dikotil yang ada di halaman kampus, daunnya tidak terlalu besar (panjang 3 sampai 6 cm, lebar 2 sampai 4 cm). Daun tersebut hendaknya berwarna hijau seluruhnya, tidak terlalu tebal, tidak berbulu, tidak mengandung getah dan permukaannya rata. Contoh: Daun mawar, bougenvil, cabe, kacang tanah, dan lain-lain.
2. Pada sore hari, tutup bagian daun dengan kertas timah (aluminium foil) selebar 1 sampai 2 cm. Gunakan penjepit kertas agar tidak mudah lepas
3. Keesokan harinya setelah daun terkena cahaya matahari beberapa lama, petik dan buka kertas timahnya.

Secepatnya daun dimasukkan ke dalam air mendidih hingga agak layu.

- Masukkan daun yang sudah dipanaskan tersebut ke dalam gelas beker kecil yang berisi alcohol 96 % kemudian panaskan. Amati apa yang terjadi!

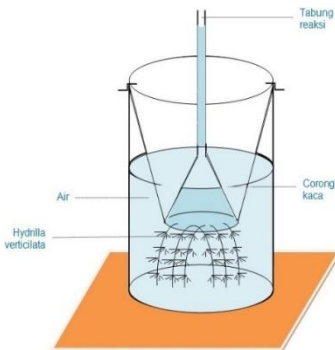
Perhatian: Anda tidak boleh memanaskan gelas beker yang berisi alkohol dan daun tersebut secara langsung. Untuk memanaskan gelas beker tersebut masukkan ke dalam gelas beker yang lebih besar yang sudah berisi air.

- Pindahkan daun dengan menggunakan pinset ke cawan petri, kemudian tetesi dengan larutan lugol hingga merata.
- Perhatikan warna apa yang terjadi, lalu analisis dan buat kesimpulan dari percobaan tadi.

Tabel Hasil Pengamatan

No	Perlakuan	Warna daun
1
2

Kegiatan 2. Percobaan Ingenhousz (1799)



Rancangan percobaan yang dilakukan Ingenhousz-jan seorang ilmuwan Britania kelahiran Belanda, dalam percobaannya ia berhasil membuktikan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi laju fotosintesis pada tumbuhan.

Alat

1. Beaker glass 100 ml
2. Corong kaca kecil
3. Tabung reaksi
4. Thermometer
5. Bascom plastic/ember kecil
6. Kawat

Bahan

1. Air hangat 40°C
2. NaHCO₃
3. Es batu
4. Tumbuhan *Hydrilla verticillata* (tumbuhan air untuk aquarium)

Prosedur Kerja

1. Rangkailah alat dan bahan seperti gambar di atas sebanyak 5 perangkat. Upayakan tabung reaksi dalam keadaan penuh berisi air (tidak ada rongga udara).
2. Berilah perlakuan sebagai berikut:
 - a. Perangkat pertama diletakkan di tempat yang terkena cahaya matahari langsung
 - b. Perangkat ke dua diberi NaHCO₃
 - c. Perangkat ke tiga diberi es batu
 - d. Perangkat ke empat tambahkan air panas hingga suhu air menjadi hangat sekitar 40°C
 - e. Perangkat ke lima diletakkan di tempat teduh yang tidak terkena cahaya langsung
3. Amatilah gelembung yang muncul setelah 5 menit, catat hasil pengamatan pada Tabel hasil pengamatan

Tabel Hasil Pengamatan

No	Perlakuan	Gelembung
1
2
3
4
5



PENILAIAN

1. Fotosintesis dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor dari dalam maupun faktor dari luar. Faktor dalam antara lain adalah? Faktor luar antara lain adalah?

Jawab :
.....

2. Cahaya mempengaruhi fotosintesis dalam tiga hal, yaitu?

Jawab :
.....

3. Mengapa diperlukan fotosintesis?

Jawab :
.....



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Campbell, N. A., dkk. 2017. *Intiasari Biologi Edisi 6*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Nio Song Ai. 2012. Evolusi Fotosintesis pada Tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Sains*, 12 (1), pp. 28-34.
- [3] Pertamawati. 2010. The Responses of Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) Explant in Vitro Growth in Photoautorof Condition. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 12 (1), pp. 31-37.



RESPIRATION



FOKUS KAJIAN MASALAH

Real-World Reading Link; Organisme hidup mendapatkan energi dengan menghancurkan molekul organik selama respirasi sel. Kupu-kupu *Monarch* secara terus menerus harus memakan nektar dari bunga sebagai persediaan energi dalam mempertahankan diri selama migrasi musim dingin ke beberapa bagian Meksiko dan California setiap tahun. Demikian pula, manusia dan organisme hidup lainnya membutuhkan sumber makanan yang dapat diandalkan sebagai pasokan energi untuk bertahan hidup dan tumbuh.



TUJUAN

Setelah menyelesaikan sesi laboratorium, Anda harus dapat:

1. Menjelaskan hubungan antara *aerobic respiration of cell*, ADP, ATP, dan *work of cell*.

2. Mengetahui produk akhir dari *aerobic respiration*.
3. Menjelaskan efek suhu pada *aerobic respiration of cell*.



KONSEP KUNCI

- ☞ **Anaerobic process**
- ☞ **Aerobic respiration**
- ☞ **Aerobic**
- ☞ **Glycolysis**
- ☞ **Krebs cycle**
- ☞ **Fermentation**



PETUNJUK

Praktikum ini akan dapat dikuasai oleh mahasiswa secara komprehensif dengan mengikuti petunjuk praktikum

1. Baca dan pahami tujuan praktikum dengan cermat.
2. Pelajari dengan baik konsep kunci dan informasi pendukung yang disajikan pada bagian isi petunjuk praktikum.
3. Perdalam pemahaman tentang materi ini dengan mengerjakan tugas yang ada di akhir petunjuk praktikum. Jika mengalami kesulitan carilah informasi penunjang yang relevan di buku, artikel ilmiah yang ada di jurnal, dll.



INFORMASI PENDUKUNG

Semua organisme harus memiliki pasokan energi yang berkelanjutan dari sumber eksternal untuk mengoperasikan fungsi metabolismenya. Matahari adalah sumber energi

utama, dan fotosintesis mengubah energi cahaya menjadi energi ikatan kimia yang tersimpan dalam nutrisi organik. Tiga kelas utama nutrisi organik adalah karbohidrat, lemak, dan protein. Energi yang tersimpan dalam molekul nutrisi organik, agar dapat digunakan untuk kerja seluler, ikatan kimianya harus diputus, dan energi yang dilepaskan dalam bentuk ikatan fosfat ($\sim P$). Fosfat berenergi tinggi ($\sim P$) bergabung dengan adenosin difosfat (ADP) untuk membentuk adenosine trifosfat (ATP), yang merupakan sumber energi untuk pekerjaan seluler.

Ada dua proses untuk mengekstraksi energi dari molekul nutrisi untuk membentuk ATP: respirasi aerobik seluler dan fermentasi. Respirasi aerobik seluler adalah proses aerobik (dengan oksigen); fermentasi adalah proses anaerob (tanpa oksigen). Keduanya melibatkan oksidasi (pelepasan elektron) dan reduksi (penambahan elektron). Reaksi oksidasi dan reduksi dikendalikan oleh enzim, membutuhkan sedikit energi aktivasi, dan enzim akan memutus ikatan nutrisi secara berurutan untuk melepaskan energi (ikatan fosfat/ $\sim P$) dalam jumlah kecil sehingga sebagian besar dapat ditangkap untuk membentuk ATP.

Respirasi sel dimulai pada sitosol dengan glikolisis, suatu proses yang tidak memerlukan oksigen dan memecah molekul glukosa menjadi dua molekul piruvat (asam piruvat). Dengan tersedianya oksigen, piruvat memasuki mitokondria, dipecah menjadi karbon dioksida melalui siklus asam trikarboksilat. Elektron yang kaya energi melewati rantai transpor elektron, serangkaian molekul yang memungkinkan energi ditangkap dalam ikatan fosfat ($\sim P$) untuk membentuk ATP. Elektron akhir dan akseptor $H +$

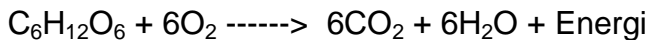
adalah molekul oksigen yang menghasilkan pembentukan air. Respirasi seluler menghasilkan 36 molekul ATP untuk setiap molekul glukosa.

Dengan tidak adanya oksigen, glukosa terdegradasi menjadi piruvat oleh glikolisis, tetapi piruvat tidak bisa masuk mitokondria dan siklus asam tricarboxylic. Tetap di sitosol dan berfungsi sebagai akseptor electron akhir dan H⁺ dihilangkan dalam glikolisis, suatu mekanisme yang memungkinkan glikolisis untuk terus berlanjut tanpa adanya oksigen. Dalam fermentasi alkohol, yang terjadi dalam ragi, piruvat diubah menjadi etanol dan CO₂. Dalam fermentasi laktat, yang terjadi pada bakteri dan archaeans tertentu dan untuk periode singkat dalam sel otot hewan, piruvat diubah menjadi laktat (asam laktat). Fermentasi menghasilkan bersih hanya 2 ATP per molekul glukosa. Hanya bakteri, arkeans, dan jamur tertentu yang dapat hidup dengan hasil fermentasi energi yang rendah.

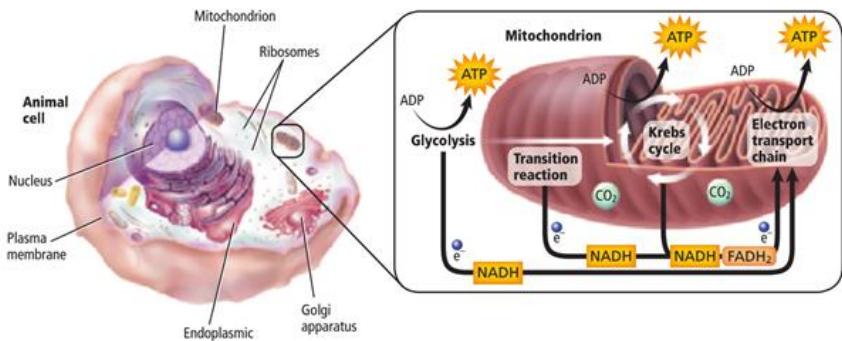


CEK PENGETAHUAN

Ingatlah bahwa organisme memperoleh energi dalam proses yang disebut respirasi sel. Fungsi respirasi sel adalah memanen elektron dari senyawa karbon, seperti glukosa, dan menggunakan energi itu untuk membuat ATP. ATP digunakan untuk menyediakan energi bagi sel untuk bekerja. Persamaan kimia keseluruhan untuk respirasi sel ditunjukkan di bawah ini. Perhatikan persamaan untuk respirasi seluler adalah kebalikan dari persamaan untuk fotosintesis



Respirasi seluler terjadi pada dua bagian utama: glikolisis dan respirasi aerobik. Tahap pertama, glikolisis, adalah proses anaerob. Proses metabolisme anaerob tidak membutuhkan oksigen. Respirasi aerobik meliputi siklus Krebs dan transpor elektron dan merupakan proses aerobik. Proses metabolisme aerob membutuhkan oksigen. Respirasi seluler dengan respirasi aerobik dirangkum dalam Gambar berikut.

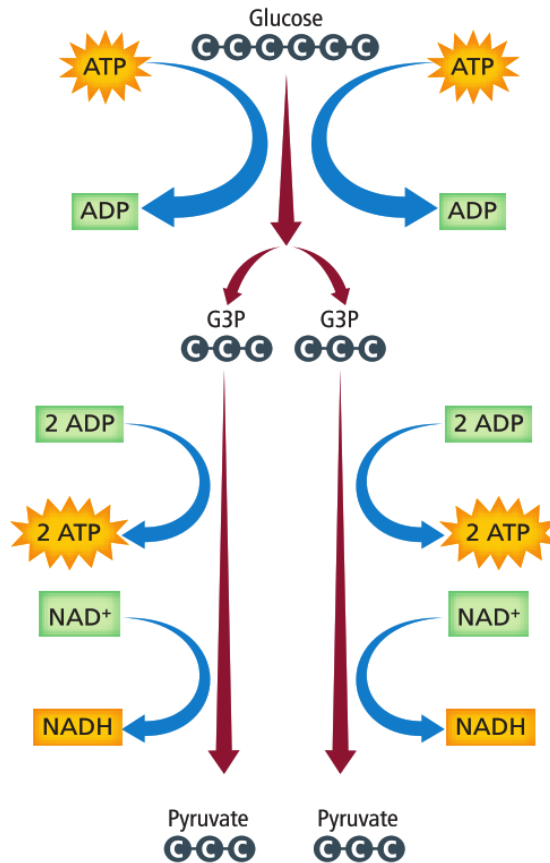


■ **Figure 1** Cellular respiration occurs in the mitochondria, the energy powerhouse organelles of the cell.

Glycolysis

Glukosa dipecah dalam sitoplasma melalui proses glikolisis. Dua molekul ATP dan dua molekul NADH dibentuk untuk setiap molekul glukosa yang diuraikan. Gambar 2, menunjukkan langkah-langkah glikolisis, yaitu Pertama, dua kelompok fosfat, yang berasal dari dua molekul ATP, bergabung dengan glukosa. Perhatikan bahwa beberapa energi, dua ATP, diperlukan untuk memulai reaksi yang akan menghasilkan energi untuk sel. Molekul 6-karbon kemudian dipecah menjadi dua senyawa

3-karbon. Selanjutnya, dua fosfat ditambahkan dan elektron dan ion hidrogen (H^+) bergabung dengan dua molekul NAD^+ untuk membentuk dua molekul $NADH$. NAD^+ mirip dengan $NADP$, pembawa elektron yang digunakan selama fotosintesis. Terakhir, dua senyawa 3-karbon diubah menjadi dua molekul piruvat. Pada saat yang sama, empat molekul ATP diproduksi



■ **Figure 2** Glucose is broken down during glycolysis inside the cytoplasm of cells. **Summarize** the reactants and products of glycolysis.

Krebs Cycle

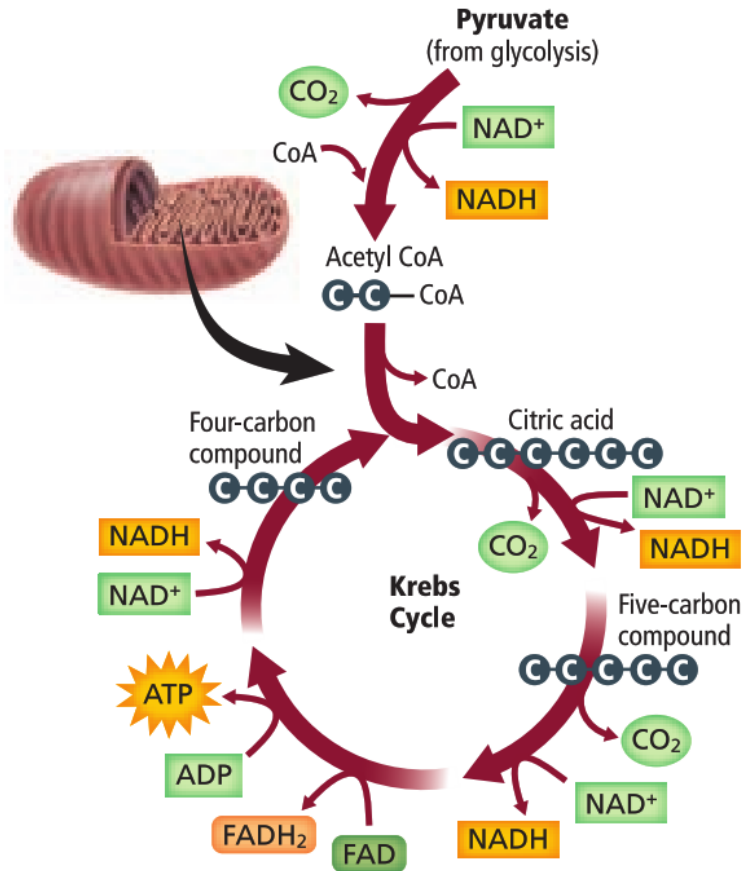
Glikolisis memiliki hasil bersih dua ATP dan dua piruvat. Sebagian besar energi dari glukosa masih terkandung dalam piruvat. Dengan adanya ketersediaan oksigen, piruvat diangkut ke dalam matriks mitokondria, di mana ia akhirnya dikonversi menjadi karbon dioksida. Rangkaian reaksi dimana piruvat dipecah menjadi karbon dioksida disebut siklus Krebs atau siklus asam tricarboxylic (TCA). Siklus ini juga disebut sebagai siklus asam sitrat.

Steps of the Krebs Cycle

Sebelum siklus Krebs, piruvat pertama-tama bereaksi dengan koenzim A (CoA) untuk membentuk zat antara 2-karbon yang disebut asetil KoA. Pada saat yang sama, karbon dioksida dilepaskan dan NAD^+ dikonversi menjadi NADH. Asetil KoA kemudian pindah ke matriks mitokondria. Reaksi ini menghasilkan dua molekul karbon dioksida dan dua NADH. Ikuti di Gambar 3 saat Anda terus membaca tentang langkah-langkah siklus Krebs.

- Siklus Krebs dimulai dengan asetil KoA yang dikombinasikan dengan senyawa 4-karbon untuk membentuk senyawa 6-karbon yang dikenal sebagai asam sitrat.
- Asam sitrat kemudian dipecah dalam serangkaian langkah berikutnya, melepaskan dua molekul karbon dioksida dan menghasilkan satu ATP, tiga NADH, dan satu FADH_2 . FAD adalah pembawa elektron lain yang mirip dengan NAD^+ dan NADP^+ .
- Akhirnya, asetil KoA dan asam sitrat dihasilkan dan siklus berlanjut. Ingat bahwa dua molekul piruvat

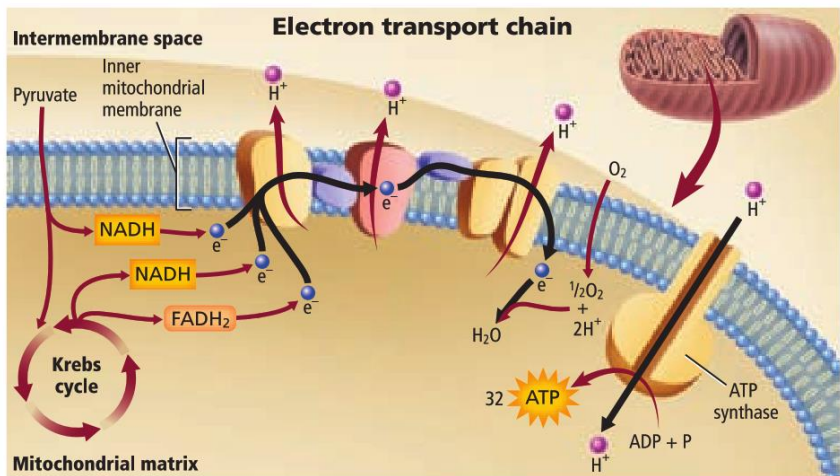
terbentuk selama glikolisis, menghasilkan dua "putaran" siklus Krebs untuk setiap molekul glukosa. Hasil bersih dari siklus Krebs adalah enam molekul karbon dioksida, dua ATP, delapan NADH, dan dua FADH₂. NADH dan FADH₂ melanjutkan untuk memainkan peran penting dalam tahap selanjutnya dari respirasi aerobik.



■ **Figure 3** Pyruvate is broken down into carbon dioxide during the Krebs cycle inside the mitochondria of cells.

Electron Transport

Dalam respirasi aerobik, transpor elektron adalah langkah terakhir dalam pemecahan glukosa. Ini juga merupakan titik di mana sebagian besar ATP diproduksi. Elektron berenergi tinggi dan ion hidrogen dari NADH dan FADH₂ yang diproduksi dalam siklus Krebs digunakan untuk mengubah ADP menjadi ATP.



■ **Figure 4** Electron transport occurs along the mitochondrial membrane.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, elektron bergerak sepanjang membran mitokondria dari satu protein ke protein lainnya. Sebagai elektron pelepasan NADH dan FADH₂, pembawa energi dikonversi menjadi NAD⁺ dan FAD, dan ion H⁺ dilepaskan ke dalam matriks mitokondria. Ion H⁺ dipompa ke dalam matriks mitokondria melintasi membran mitokondria bagian dalam. Ion H⁺ kemudian menyebar gradien konsentrasinya kembali melintasi membran dan masuk ke matriks melalui molekul ATP sintase dalam chemiosmosis. Transpor elektron dan

chemiosmosis dalam respirasi seluler mirip dengan proses ini dalam fotosintesis. Oksigen adalah akseptor elektron terakhir dalam sistem transpor elektron dalam respirasi seluler. Proton dan elektron ditransfer ke oksigen untuk membentuk air.

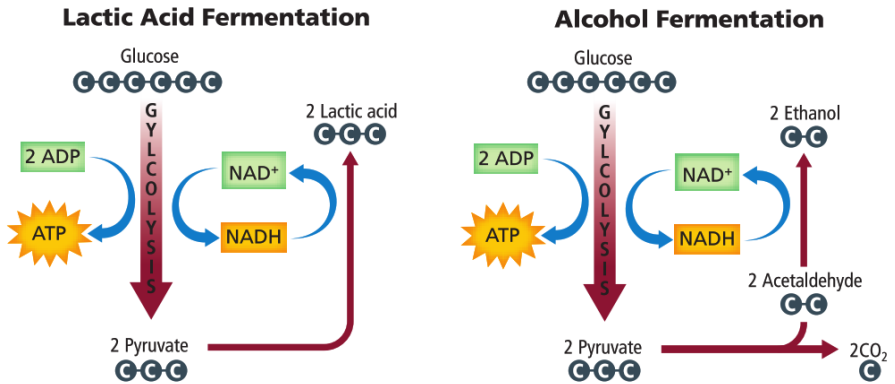
Secara keseluruhan, transpor elektron menghasilkan 24 ATP. Setiap molekul NADH menghasilkan tiga ATP dan setiap kelompok tiga FADH₂ menghasilkan dua ATP. Pada eukariota, satu molekul glukosa menghasilkan 36 ATP.

Respirasi seluler prokariotik. Beberapa prokariota juga menjalani respirasi aerobik. Karena prokariota tidak memiliki mitokondria, ada beberapa perbedaan dalam prosesnya. Perbedaan utama melibatkan penggunaan membran sel prokariotik sebagai lokasi transpor elektron. Dalam sel eukariotik, piruvat diangkut ke mitokondria. Pada prokariota, gerakan ini tidak perlu, sehingga meningkatkan total bersih ATP yang dihasilkan menjadi 38.

Anaerobic Respiration

Beberapa sel dapat berfungsi untuk waktu singkat ketika kadar oksigen rendah. Beberapa prokariota adalah organisme anaerob - mereka tumbuh dan bereproduksi tanpa oksigen. Dalam beberapa kasus sel-sel ini terus menghasilkan ATP melalui glikolisis. Namun, ada masalah dengan hanya mengandalkan glikolisis untuk energi. Glikolisis hanya menyediakan dua ATP bersih untuk setiap molekul glukosa, dan sel memiliki jumlah NAD⁺ yang terbatas. Glikolisis akan berhenti ketika semua NAD⁺ habis jika tidak ada proses untuk mengisi NAD⁺. Jalur anaerob yang mengikuti glikolisis adalah respirasi anaerob, atau

fermentasi. Fermentasi terjadi dalam sitoplasma dan meregenerasi suplai sel NAD^+ sambil menghasilkan sejumlah kecil ATP. Dua jenis utama fermentasi adalah fermentasi asam laktat dan fermentasi alkohol.



■ **Figure 5** When oxygen is absent or in limited supply, fermentation can occur.

- Fermentasi Asam Laktat

Dalam fermentasi asam laktat, enzim mengubah piruvat yang dibuat selama glikolisis menjadi asam laktat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Ini melibatkan transfer elektron berenergi tinggi dan proton dari NADH . Otot rangka menghasilkan asam laktat ketika tubuh tidak dapat memasok oksigen yang cukup, seperti selama periode latihan yang berat. Ketika asam laktat menumpuk di sel otot, otot menjadi lelah dan mungkin terasa sakit. Asam laktat juga diproduksi oleh beberapa mikroorganisme yang sering digunakan untuk menghasilkan banyak makanan, termasuk keju, yogurt, dan krim asam.

- Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol terjadi dalam ragi dan beberapa bakteri. Gambar 5 menunjukkan reaksi kimia yang terjadi selama fermentasi alkohol ketika piruvat dikonversi menjadi etil alkohol dan karbon dioksida. Mirip dengan fermentasi asam laktat, NADH menyumbangkan elektron selama reaksi ini dan NAD⁺ diregenerasi.



AYO BUKTIKAN!

Cellular Respiration and Carbon Dioxide

Anda akan menentukan apakah sel-sel organisme hidup menghasilkan karbon dioksida pada respirasi seluler dengan menguji hipotesis "Organisme hidup tidak menghasilkan CO₂"

Material:

1. *Drinking straws*
2. *Glass-marking pen*
3. *Glass tubing, 2-cm lengths*
4. *Medicine droppers*
5. *Rubber-bulb air syringe*
6. *Rubber stoppers for test tubes*
7. *Test tubes*
8. *Test-tube rack*
9. *Bromthymol blue, 0.004%, in dropping bottles*
10. *Crickets*
11. *Pea seeds, germinating*



Bromthymol blue bersifat basa. Jika terkena cuci segera dengan air mengalir

 **Experiment 1**

Untuk menentukan apakah udara yang dihembuskan dari paru-paru Anda mengandung akumulasi CO₂. Jika sel-sel tubuh menghasilkan CO₂, itu akan dibawa oleh darah ke paru-paru untuk dikeluarkan dari tubuh.

1. Tempatkan 3 tetes (0,15 ml) bromthymol 0,004% biru ke masing-masing dua tabung reaksi bernomor.
2. Hembuskan napas melalui sedotan ke dalam tabung 1 selama 3 menit.
3. Gunakan jarum suntik karet untuk memompa udara atmosfer ke dalam tabung 2 selama 3 menit.
4. *Record any color change in the bromthymol blue solutions in the table in item 2a on the laboratory report.*

 **Experiment 2**

Untuk menentukan apakah benih kacang polong yang berkecambah dan jangkrik hidup menghasilkan CO₂.

1. Tempatkan 3 tetes (0,15 ml) bromthymol biru 0,004% ke dalam masing-masing dari tiga tabung uji bernomor.
2. Tempatkan enam sampai sepuluh biji kacang kecambah dalam tabung 1, tempatkan tiga jangkrik dalam tabung 2, dan jangan tempatkan yang lain di tabung 3.
3. Dengan lembut (untuk mencegah peningkatan tekanan udara secara tiba-tiba dari jangkrik) masukkan sumbat karet ke setiap tabung. Salurkan udara setiap tabung ke 3 tabung bromthymol biru 0,004%
4. Tempatkan tabung di rak tabung reaksi selama 20 menit. Kemudian, amati perubahan warna apa pun dalam biru bromthymol.

5. Record your results on the laboratory report and complete item 2.

Pemikiran Kritis

1. Describe how energy is released from ATP.
2. Relate anabolic and catabolic reactions. Create an analogy for the relationship between photosynthesis and cellular respiration
3. How many ATP, NADH, and FADH₂ are produced in each step of cellular respiration? How is the number of ATP produced different from the net ATP available?
4. Explain; The end products of cellular respiration are CO₂ and H₂O. Where do the oxygen atoms in the CO₂ come from? Where does the oxygen atom in

Germinating Seeds

Tube	Contents Plus Bromthymol Blue	Color of Bromthymol Blue After Test Interval	CO ₂ Concentration	
			Increase	No Change
Exp. 1: Humans				
1	Exhaled air	.....	.....	.....
2	Atmospheric air	.....	.....	.....
Exp. 2: Germinating Seeds and Crickets				
1	Germinating seeds	.....	.....	.....

Tube	Contents Plus Bromthymol Blue	Color of Bromthymol Blue After Test Interval	CO ₂ Concentration	
			Increase	No Change
2	Live crickets	.....	.....	.....
3	Nothing	.....	.....	.....



PENILAIAN

1. Apa perbedaan antara *respiration* dan *breathing*?

Jawab :

.....

2. Apa peran respirasi sel dalam metabolisme suatu organisme?

Jawab :

.....



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biggs, Alton., Whitney Crispen Hagins., William G. Holliday., Chris L. Kapicka., Linda Lundgren., Ann Haley MacKenzie., William D. Rogers., Marion B. Sewer., dan Dinah Zike. 2008. *Glencoe Science: Biology*. New York: McGraw-Hill Education.
- [2] Gunstream, Stanley. E. 2012. *Explorations in Basic Biology*. 12th Ed. California: Pearson Education.

- [3] Simon, Eric. J., Jean L. Dickey., Kelly A. Hogan., dan Jane B. Reece. 2016. *Campbell Essential Biology*. 6th Ed. ISBN 978-0-133-91778-9. England: Pearson Education.
- [4] Vodopich, Darrell S., dan Randy Moore. 2017. *Biology Laboratory Manual*. 11th Ed. New York: McGraw-Hill Education.