

PROSES RESPIRASI SELULER PADA TUMBUHAN

Rahmah Novitasari

Pendidikan Biologi FKIP Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Email: rahmahupin@gmail.com

Abstrak. Setiap makhluk hidup pasti melakukan proses metabolisme salah satunya tumbuhan. Metabolisme merupakan serangkaian proses kimiawi dalam tubuh makhluk hidup yang berperan untuk menghasilkan energi yang digunakan untuk melakukan aktivitas kehidupan. Pada proses metabolisme ini, terdapat dua proses yaitu metabolisme primer dan sekunder. Tumbuhan memiliki ciri makhluk hidup sebagai proses kehidupan yaitu bernafas atau disebut respirasi. Respirasi yaitu proses masuknya oksigen dan keluarnya karbondioksida sebagai hasil proses respirasi. Respirasi salah satu proses metabolisme primer yang merupakan proses esensial bagi kehidupan tumbuhan. Proses respirasi mengeluarkan energi kimia Adenosin trifosfat (ATP) sebagai penggerak respirasi. Respirasi terdiri dari rangkaian banyak reaksi dari komponen-komponen yang masing-masing dikatalisasi oleh enzim yang berbeda-beda. Sel pada tumbuhan menggunakan respirasi seluler sebagai alat untuk mengubah energi tersimpan menjadi bahan kimia yang dikonsumsi oleh sel individual. Adenosin trifosfat (ATP) adalah makanan kimia yang digunakan semua sel. Tanaman pertama kali membuat gula sederhana melalui fotosintesis. Sel individu kemudian memecah gula itu melalui respirasi seluler. Respirasi seluler bertujuan menghasilkan Adenosin trifosfat (ATP) yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi sel. Sel membutuhkan energi untuk melakukan berbagai tugas dalam tubuh, termasuk menggerakkan otot, menjaga organ vital bekerja, dan pembelahan sel.

Kata Kunci: Metabolisme, Metabolisme Primer, Respirasi Seluler

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak kekayaan alam. Dari kekayaan alam tersebut tentunya terdapat banyak keanekaragaman hayati yang dijumpai. Salah satunya yaitu berbagai tumbuhan yang memiliki jenis yang berbeda-beda. Tumbuhan memiliki ciri yang khas yaitu adanya klorofil atau zat hijau daun yang digunakan untuk proses fotosintesis. Setiap makhluk hidup pasti memiliki ciri adanya kehidupan, salah satunya yaitu bernapas atau respirasi. Sama halnya dengan makhluk hidup yang lain, tumbuhan pun melakukan proses bernapas.

Sel pada tumbuhan dan hewan menggunakan respirasi seluler sebagai alat untuk mengubah energi tersimpan menjadi bahan kimia yang dikonsumsi oleh sel individual. Namun, pernapasan pada tumbuhan berbeda dibandingkan dengan pernapasan pada hewan atau manusia karena pernapasan pada tumbuhan lebih kompleks prosesnya. Tumbuhan memiliki alat respirasi diantaranya yaitu stomata, lenti sel, dan ujung akar. Tanpa adanya respirasi tumbuhan akan mengalami kemunduran fisiologis karena respirasi merupakan proses yang vital bagi kehidupan tumbuhan. Salah satu proses metabolisme primer adalah respirasi, dimana proses ini merupakan proses esensial bagi kehidupan tumbuhan. Tanpa adanya metabolisme primer, suatu organism akan terganggu pertumbuhan, perkembangan, serta reproduksinya, dan akhirnya mati.

Masalah yang coba dianalisis pada tulisan ini adalah melihat bagaimana proses metabolisme penting bagi tumbuhan dan bagaimana proses respirasi seluler pada tumbuhan sehingga prosesnya lebih kompleks dari respirasi pada hewan atau manusia, serta hubungannya dengan proses fotosintesis.

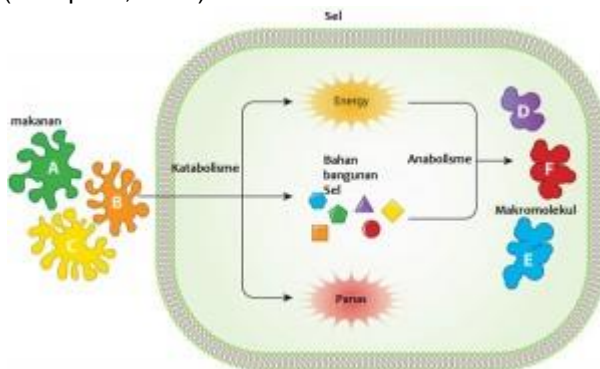
KAJIAN PUSTAKA

A. Metabolisme

Metabolisme adalah reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam sel. Reaksi kimia ini akan mengubah suatu zat menjadi zat lain. Metabolisme terdiri atas dua proses yaitu anabolisme dan katabolisme. Anabolisme adalah proses-proses penyusunan energi kimia melalui sintesis senyawa-senyawa organik. Sedangkan katabolisme adalah proses penguraian dan pembebasan energi dari senyawa-senyawa organik melalui proses respirasi. Semua reaksi tersebut dikatalisis oleh enzim, baik oleh reaksi yang sederhana maupun reaksi yang rumit. Atau dengan pengertian lain, anabolisme adalah pembentukan molekul-molekul kompleks menjadi molekul-molekul sederhana, contoh respirasi (Renobayan, 2011).

Transpirasi, fotosintesis dan respirasi termasuk proses metabolisme tumbuhan yang umum dikenal. Transpirasi dapat diartikan sebagai proses kehilangan air dalam bentuk uap air dari jaringan tumbuhan melalui mulut daun (stomata). Transpirasi berlangsung selama tumbuhan hidup. Keuntungan yang didapat dari proses ini adalah, mempercepat laju pengangkutan unsur hara melalui pembuluh xilem akar, menjaga turgiditas sel tumbuhan agar kondisinya tetap optimal dan sebagai usaha mempertahankan stabilitas suhu daun (Lakitan, 2008).

Secara keseluruhan, metabolisme dikaitkan dengan pengaturan sumberdaya materi dan energi dari sel itu. Beberapa jalur metabolisme membebaskan energi dengan cara merombak molekul-molekul kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses perombakan ini disebut jalur katabolik. Sebuah proses utama katabolisme adalah respirasi seluler, dimana gula glukosa dan bahan organik lainnya dirombak menjadi karbon dioksida dan air. Setelah perombakan tersebut, energi yang tersimpan dalam molekul organik dapat digunakan untuk melaksanakan kerja sel. Jalur anabolik, sebaliknya memakai energi untuk membangun molekul kompleks dari molekul-molekul yang lebih sederhana. Suatu contoh anabolisme adalah sintesis protein dari asam amino. Jalur-jalur katabolik dan anabolik masing-masing merupakan jalan turun dan naik bukit pada peta metabolisme. Jalur-jalur metabolisme saling berpotongan sedemikian rupa sehingga energi yang dibebaskan dari reaksi “turun bukit” pada katabolisme dapat digunakan untuk menggerakkan reaksi “naik bukit” pada anabolisme. Transfer energi dari katabolisme ke anabolisme ini disebut pengkopelan energi (Campbell, 2012).



Gambar 1. Metabolisme sel (Sumber: Anonim (2017))

Enzim merupakan biomolekul yang mengkatalis reaksi kimia, dimana hampir semua enzim adalah protein. Pada reaksi enzimatik, molekul yang mengawali reaksi disebut produk. Cara kerja enzim dalam mengkatalis reaksi kimia substansi lain tidak merubah atau merusak reaksi ini. Dalam metabolisme diperlukan suatu biokatalisator enzim (Susantiningih, 2013).

B. Metabolisme Primer

Biosintesis merupakan proses pembentukan suatu metabolit (produk metabolisme) dari molekul yang sederhana hingga menjadi molekul yang lebih kompleks yang terjadi pada organism hidup. Metabolisme pada makhluk hidup dapat dibagi menjadi metabolisme primer dan sekunder. Metabolisme primer menghasilkan metabolit primer sedangkan metabolisme sekunder menghasilkan metabolit sekunder (Sari, 2012).

Metabolisme primer pada tumbuhan seperti respirasi dan fotosintesis yang merupakan proses esensial bagi kehidupan tumbuhan. Contoh metabolisme primer yaitu protein, karbohidrat, lipid, dan asam amino. Respirasi adalah suatu proses biologis, yaitu oksigen diserap untuk digunakan pada proses pembakaran (oksidatif) yang menghasilkan energi diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran berupa gas karbondioksida dan air (Octavianti Paramita, 2010).

Pada fase pertumbuhan, tumbuhan utamanya memproduksi metabolit primer, sedangkan metabolit sekunder belum atau hanya sedikit di metabolisme. Sedangkan metabolisme sekunder terjadi pada saat sel dalam tahap diferensiasi menjadi sel yang lebih terspesialisasi (fasestasioner) (Mohr & Schopfer 1995).

Hasil metabolisme dalam organism hidup dapat dibagi menjadi dua kelompok besar: metabolit primer dan sekunder. Yang tergolong dalam metabolit primer adalah senyawa-senyawa yang diproduksi dan terlibat pada jalur metabolisme primer (contohnya glikolisis, siklus asam sitrat/siklus Krebs, dan fotosintesis). Contoh metabolit primer adalah protein, karbohidrat, lipid, asam amino, nukleotida, dan asetil CoA (Siegler 1998). Karbohidrat biasa disebut hidrat arang. Terdiri dari dua reaksi pembentukan dan pemecahan karbohidrat. Tersusun atas monomer molekul-molekul gula sederhana. Reaksi pemecahan terjadi di membrane sel yang melibatkan proses respirasi dan fermentasi. Reaksi pembentukan terjadi di dalam kloroplas yang melibatkan penggunaan karbondioksida untuk menghasilkan monomer gula sederhana (misal: sukrosa). Protein merupakan salah satu metabolit primer yang menyusun tubuh organisme. Menurut dogma biologi molekuler, DNA akan ditranskripsi menjadi RNA, RNA ditranslasi menjadi triplet kodon yang membentuk asam amino, polimer asam amino merupakan protein. Lipida merupakan salah satu metabolit primer hasil dari jalur oksidasi pentose fosfat. Reaksi pembentukan lipida terjadi di dalam sitosol tanaman. Lipida tersusun atas asam lemak dan gliserol pada umumnya. Asam nukleat merupakan metabolit primer yang menjadi dasar pembentuk materi genetik baik DNA/RNA dan juga turunannya dapat membentuk protein. Asam nukleat berperan dalam membentuk purin dan pirimidin (Sari, 2012).

Metabolisme primer disebut juga metabolit primer seperti protein, karbohidrat, dan lemak yang digunakan sendiri oleh tumbuhan untuk pertumbuhannya, maupun sebagai sumber bahan senyawa metabolik sekunder seperti terpenoid, flavonoid, alkaloid, steroid. Metabolisme primer memiliki beberapa fungsi bagi tumbuhan diantaranya diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dasar hidup bagi tumbuhan, untuk pertumbuhan atau perkembangan bagi tumbuhan tersebut, dan sebagai cadangan makanan (Sari, 2012).

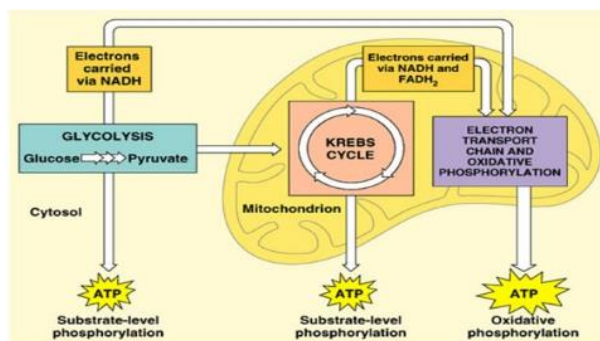
C. Respirasi Seluler

Menurut Winarno dan Kartakusuma (1981), respirasi adalah suatu proses metabolisme dengan cara menggunakan oksigen dalam pembakaran senyawa yang lebih kompleks seperti pati, gula, protein, lemak, dan asam organik, sehingga menghasilkan molekul yang sederhana seperti CO₂, air serta energi dan molekul lain yang dapat digunakan oleh sel untuk reaksi sintesa.

Respirasi adalah suatu proses biologis, yaitu oksigen diserap untuk digunakan pada proses pembakaran (oksidatif) yang menghasilkan energi diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran berupa gas karbondioksida dan air. Substrat yang paling banyak diperlukan tanaman untuk proses respirasi dalam jaringan tanaman adalah karbohidrat dan asam-asam organik bila dibandingkan dengan lemak dan protein. Respirasi dapat dibedakan dalam tiga tingkat : (a) pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, (b) oksidasi gula menjadi asam piruvat dan (c) transformasi piruvat dan asam-asam organik secara aerobik menjadi

karbondioksida, air dan energi. Protein dan lemak dapat pula berperan sebagai substrat dalam proses pemecahan ini (Paramita, 2010).

Pada hakikatnya, respirasi adalah pemanfaatan energi bebas dalam makanan menjadi energi bebas yang ditimbun dalam bentuk ATP. Dalam sel, ATP digunakan sebagai sumber energi bagi seluruh aktivitas hidup yang memerlukan energi. Menurut Campbell et al (2002), aktivitas hidup yang memerlukan energi antara lain, kerja mekanis (kontraktil dan motilitas), transpor aktif (mengangkut molekul zat atau ion yang melawan gradien konsentrasi zat), produksi panas (bagi tubuh burung dan hewan menyusui). Namun, selain ketiga tujuan tersebut, energi dibutuhkan oleh tubuh untuk transfer materi genetik dan metabolisme sendiri. Jadi respirasi seluler adalah proses perombakan molekul organik kompleks yang kaya akan energi potensial menjadi produk limbah yang berenergi lebih rendah (proses katabolik) pada tingkat seluler. Pada respirasi sel, oksigen terlibat sebagai reaktan bersama dengan bahan bakar organik dan akan menghasilkan air, karbon dioksida, serta produk energi utamanya ATP. ATP (adenosin trifosfat) memiliki energi untuk aktivitas sel seperti melakukan sintesis biomolekul dari molekul pemula yang lebih kecil, menjalankan kerja mekanik seperti pada kontraksi otot, dan mengangkut biomolekul atau ion melalui membran menuju daerah berkonsentrasi lebih tinggi.



Gambar 2. Proses Respirasi Seluler (Sumber: Campbell, 2012)

Respirasi merupakan fungsi kumulatif dari tiga tahapan metabolisme yang diperlihatkan pada Gambar 2. Dua tahapan yang pertama, glikolisis dan siklus krebs merupakan jalur katabolik yang menguraikan glukosa dan bahan bakar organik lainnya. Glikolisis yang terjadi dalam sitosol mengawali perombakan dengan pemecahan glukosa menjadi dua molekul senyawa yang disebut piruvat. Siklus Krebs, yang terjadi dalam matriks mitokondria menyempurnakan pekerjaan ini dengan menguraikan turunan piruvat menjadi karbon dioksida. Dengan demikian, karbon dioksida yang dihasilkan oleh respirasi merupakan fragmen molekul organik yang teroksidasi. Sebagian tahap glikolisis dan siklus Krebs ini merupakan reaksi redoks di mana enzim dehidrogenase mentransfer elektron dari substrat ke NAD⁺ dan membentuk NADH. Pada langkah ketiga respirasi, rantai transpor elektron menerima elektron dari produk hasil perombakan kedua langkah yang pertama tersebut (biasanya melalui NADH) dan melewati elektron ini dari satu molekul ke molekul yang lain. Pada akhir rantai ini, elektron digabungkan dengan ion hidrogen dan oksigen molekuler untuk membentuk air. Energi yang dilepas pada setiap langkah rantai tersebut disimpan dalam suatu bentuk yang digunakan oleh mitokondria untuk membuat ATP. Modus sintesis ATP ini disebut fosforilasi oksidatif karena sintesis ini digerakkan oleh reaksi redoks yang mentransfer elektron dari makanan ke oksigen (Campbell, 2012).

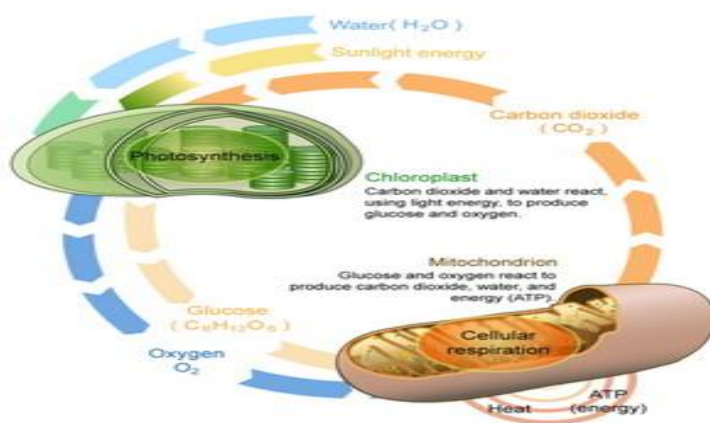
Tempat transpor elektron dan fosforilasi oksidatif ialah membran dalam mitokondria. Fosforilasi oksidatif bertanggung jawab atas hampir 90% ATP yang dihasilkan oleh respirasi. Sejumlah kecil ATP dibentuk langsung dalam beberapa glikolisis dan siklus Krebs oleh mekanisme yang disebut fosforilasi tingkat substrat. Modus sintesis ATP ini terjadi apabila enzim mentransfer gugus fosfat dari substrat ke ADP (substrat yang dimaksud disini adalah

molekul organik yang dihasilkan selama katabolisme glukosa yang berurutan) (Campbell, 2012).

PEMBAHASAN

Kajian mengenai kehidupan tumbuhan tidak terlepas dari adanya proses metabolisme karena metabolisme merupakan proses yang sangat penting bagi setiap makhluk hidup termasuk tumbuhan. Pada proses metabolisme terdapat 2 jenis yaitu metabolisme primer dan sekunder yang masing-masing jenis memiliki peranan masing-masing terhadap tumbuhan sehingga tumbuhan dapat melaksanakan kehidupannya. Respirasi pada tumbuhan berlangsung siang dan malam karena cahaya bukan merupakan syarat. Jadi proses respirasi selalu berlangsung sepanjang waktu selama tumbuhan hidup. Hal tersebut diperkuat oleh Octavianti Paramita (2010), yang menyatakan metabolisme primer pada tumbuhan seperti respirasi dan fotosintesis yang merupakan proses esensial bagi kehidupan tumbuhan. Tanpa adanya metabolisme primer, suatu organism akan terganggu pertumbuhan, perkembangan, serta reproduksinya, dan akhirnya mati. Contoh metabolisme primer yaitu protein, karbohidrat, lipid, dan asam amino.

Tumbuhan melakukan proses respirasi untuk kegiatan pembongkaran atau pembakaran suatu zat sumber energi di dalam tubuh untuk mendapatkan energi. Zat makanan yang mengandung sumber tenaga paling utama adalah karbohidrat. Oleh karena itulah, maka tumbuhan sangat penting melakukan proses respirasi karena untuk mempertahankan kehidupannya dengan menyediakan energi. Energi-energi tersebut terbentuk dari energi kimia yang terbentuk dalam suatu molekul organik yang sudah disintesis pada proses fotosintesis. Pada saat tumbuhan berfotosintesis, glukosa sedang diproduksi yang nantinya akan digunakan oleh sel tumbuhan untuk melakukan respirasi selular. Tumbuhan memiliki alat respirasi diantaranya yaitu stomata, lenti sel, dan ujung akar.



Gambar 3. Hubungan Proses Fotosintesis dan Respirasi (Anonim, 2017)

Proses fotosintesis dan respirasi menjadi faktor bahasan yang penting karena dari kedua proses inilah dihasilkan senyawa metabolit primer, yaitu karbohidrat (glukosa), protein, lipid dan asam nukleat. Metabolit primer merupakan substrat dari pembentukan senyawa metabolit sekunder (fitokimia), jadi keberadaan fitokimia bagi kelangsungan hidup tumbuhan dipengaruhi oleh keberhasilan pembentukan senyawa metabolit primer (Daniaputri, 2015).

Seperti fotosintesis, reaksi kimia sebenarnya yang terjadi selama respirasi seluler sangat rumit, dan harus terjadi setiap waktu sel-sel memiliki kebutuhan untuk mengkonsumsi ATP. Respirasi pada tumbuhan lebih kompleks dari makhluk hidup yang lain karena dalam

prosesnya, respirasi memiliki tahapan yang rumit. Umumnya substrat untuk respirasi adalah zat yang tertimbun dalam jumlah yang relatif banyak dalam sel tumbuhan dan bukan zat yang merupakan senyawa antara hasil dari penguraian. Karbohidrat merupakan substrat utama respirasi dalam sel-sel tumbuhan dengan glukosa sebagai molekul pertama. Substrat respirasi yang paling penting di antara karbohidrat adalah sukrosa (disakarida= glukosa dan fruktosa) dan pati (sering terdapat dalam sel tumbuhan sebagai cadangan karbohidrat).

Menurut Campbell (2012), langkah pertama dalam reaksi respirasi seluler disebut glikolisis, dan terjadi bersamaan dengan tidak adanya oksigen. Proses ini terjadi pada sitoplasma sel di dalam cairan sitosol, yang merupakan bahan gel yang terdapat di dalam sel individu tanaman. Glikolisis yang terjadi dalam sitosol mengawali perombakan dengan pemecahan glukosa menjadi dua molekul senyawa yang disebut piruvat. Siklus Krebs, yang terjadi dalam matriks mitokondria menyempurnakan pekerjaan ini dengan menguraikan turunan piruvat menjadi karbon dioksida. Dengan demikian, karbon dioksida yang dihasilkan oleh respirasi merupakan fragmen molekul organik yang teroksidasi. Sebagian tahap glikolisis dan siklus Krebs ini merupakan reaksi redoks di mana enzim dehidrogenase mentransfer elektron dari substrat ke NAD^+ dan membentuk NADH. Pada langkah ketiga respirasi, rantai transpor elektron menerima elektron dari produk hasil perombakan kedua langkah yang pertama tersebut (biasanya melalui NADH) dan melewatkan elektron ini dari satu molekul ke molekul yang lain. Pada akhir rantai ini, elektron digabungkan dengan ion hidrogen dan oksigen molekuler untuk membentuk air. Energi yang dilepas pada setiap langkah rantai tersebut disimpan dalam suatu bentuk yang digunakan oleh mitokondria untuk membuat ATP. Modus sintesis ATP ini disebut fosforilasi oksidatif karena sintesis ini digerakkan oleh reaksi redoks yang mentransfer elektron dari makanan ke oksigen.

Tahap awal metabolisme konversi glukosa menjadi energi di dalam tubuh akan berlangsung secara anaerobik melalui proses yang dinamakan Glikolisis (*Glycolysis*). Proses ini berlangsung dengan menggunakan bantuan 10 jenis enzim yang berfungsi sebagai katalis di dalam sitoplasma (*cytoplasm*) yang terdapat pada sel eukaryotik (*eukaryotic cells*). Inti dari keseluruhan proses Glikolisis adalah untuk mengkonversi glukosa menjadi produk akhir berupa piruvat. Pada proses Glikolisis, 1 molekul glukosa yang memiliki 6 atom karbon pada rantainya akan terpecah menjadi produk akhir berupa 2 molekul piruvat (*pyruvate*) yang memiliki 3 atom karbon. Proses ini berjalan melalui beberapa tahapan reaksi yang disertai dengan terbentuknya beberapa senyawa antara seperti *Glukosa 6-fosfat* dan *Fruktosa 6-fosfat*. Selain akan menghasilkan produk akhir berupa molekul piruvat, proses glikolisis ini juga akan menghasilkan molekul ATP serta molekul NADH (1 NADH3 ATP). Molekul ATP yang terbentuk ini kemudian akan diekstrak oleh sel-sel tubuh sebagai komponen dasar sumber energi. Melalui proses glikolisis ini 4 buah molekul ATP & 2 buah molekul NADH (6 ATP) akan dihasilkan serta pada awal tahapan prosesnya akan mengkonsumsi 2 buah molekul ATP sehingga total 8 buah ATP akan dapat terbentuk (Irawan, 2007).

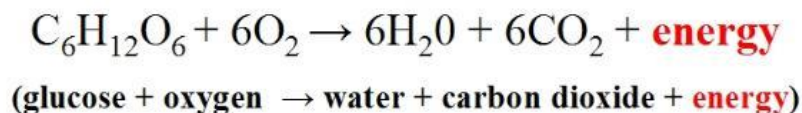
Tahap kedua dari proses respirasi selular yaitu Siklus Krebs merupakan pusat bagi seluruh aktivitas metabolisme tubuh. Siklus ini tidak hanya digunakan untuk memproses karbohidrat namun juga digunakan untuk memproses molekul lain seperti protein dan juga lemak. Sebelum memasuki Siklus Asam Sitrat (*Citric Acid Cycle*) molekul piruvat akan teroksidasi terlebih dahulu di dalam mitokondria menjadi Acetyl-Coa dan CO_2 . Molekul Acetyl CoA yang merupakan produk akhir dari proses konversi Pyruvate kemudian akan masuk kedalam Siklus Krebs. Inti dari proses yang terjadi pada siklus ini adalah untuk mengubah 2 atom karbon yang terikat didalam molekul Acetyl-CoA menjadi 2 molekul karbon dioksida (CO_2), membebaskan koenzim A serta, memindahkan energi yang dihasilkan pada siklus ini ke dalam senyawa NADH, FADH dan GTP. Selain menghasilkan CO_2 dan GTP, dari persamaan reaksi dapat terlihat bahwa satu putaran Siklus Krebs juga akan menghasilkan molekul NADH & molekul FADH. Untuk melanjutkan proses metabolisme energi, kedua molekul ini kemudian akan diproses kembali secara aerobik di dalam membran sel mitokondria melalui proses Rantai Transpor Elektron untuk menghasilkan produk akhir berupa ATP dan air (Irawan, 2007).

Proses konversi molekul FADH dan NADH yang dihasilkan dalam siklus asam sitrat (*citric acid cycle*) menjadi energi dikenal sebagai proses fosforilasi oksidatif (*oxidative*

phosphorylation) atau juga Rantai Transpor Elektron (*electron transport chain*). Di dalam proses ini, elektron-elektron yang terkandung didalam molekul NADH & FADH ini akan dipindahkan ke dalam aseptor utama yaitu oksigen (O₂). Pada akhir tahapan proses ini, elektron yang terdapat di dalam molekul NADH akan mampu untuk menghasilkan 3 buah molekul ATP sedangkan elektron yang terdapat dalam molekul FADH akan menghasilkan 2 buah molekul ATP (Irawan, 2007).

Secara keseluruhan proses metabolisme Glukosa akan menghasilkan produk samping berupa karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O). Karbon dioksida dihasilkan dari siklus Asam Sitrat sedangkan air (H₂O) dihasilkan dari proses rantai transport elektron. Melalui proses metabolisme, energi kemudian akan dihasilkan dalam bentuk ATP dan kalor panas. Terbentuknya ATP dan kalor panas inilah yang merupakan inti dari proses metabolisme energi. Melalui proses Glikolisis, Siklus Asam Sitrat dan proses Rantai Transpor Elektron, sel-sel yang tedapat di dalam tubuh akan mampu untuk menggunakan dan menyimpan energi yang dikandung dalam bahan makanan sebagai energi ATP. Secara umum proses metabolisme secara aerobik akan mampu untuk menghasilkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan proses secara anaerobik. Dalam proses metabolisme secara aerobik, ATP akan terbentuk sebanyak 36 buah sedangkan proses anaerobik hanya akan menghasilkan 2 buah ATP (Irawan, 2007).

Berikut adalah reaksi kimia dari proses respirasi dari tumbuhan:



Gambar 4. Reaksi Kimia Proses Respirasi (Anonim, 2017)

KESIMPULAN

Tumbuhan sangat penting melakukan proses respirasi karena untuk mempertahankan kehidupannya dengan menyediakan energi untuk melakukan aktivitasnya. Tumbuhan memiliki alat respirasi yaitu stomata, lenti sel, dan ujung akar. Proses respirasi seluler pada tumbuhan memiliki proses yang kompleks dimulai dari tahap glikolisis, siklus Krebs, dan transpor elektron yang pada hasil akhirnya menghasilkan energi dalam bentuk ATP. Proses respirasi seluler ini terjadi di mitondria yang memiliki fungsi dalam sel yaitu sebagai penghasil ATP.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim.2017. Metabolisme Sel. <https://www.google.co.id/search?q=metabolisme+sel&tbm=isch&source=66&bih=594&dpr=1#imgrc=zq1xIQJsamrWPM>.(Diakses tanggal 24 November 2017).

Anonim. 2017. Connecting Cellular Respiration and Photosynthesis. <http://www.ck12.org/life-science/connecting-cellular-Respiration-and-photosynthesis/>. (Diakses tanggal 24 November 2017).

Anonim. 2017. Reaksi Kimia Respirasi Tumbuhan. <https://www.google.co.id/search?q=gambar+reaksi+kimia+respirasi+tumbuhan>. (Diakses tanggal 24 November 2017).

- Campbell et al. 2002. *Biologi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Campbell et al. 2012. *Biologi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Dhaniaputri, Risanti. 2015. "Mata Kuliah Struktur Dan Fisiologi Tumbuhan Sebagai Pengantar Pemahaman Proses Metabolisme Senyawa Fitokimia". *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Malang*.
- Irawan, M. Anwari. 2007. "Glukosa dan Metabolisme Energi". *Polton Sports Science & Performance Lab. Volume 01. No. 06*.
- Lakitan, B. 2008. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Edisi 1. Jakarta.: PT. Raja Grafindo Persada.
- Mohr H, Schopfer P. 1995. *Plant Physiology*. Translated by Gudrun and D.W. Lawlor. Springer.
- Paramita, Octavianti. 2010. "Pengaruh Memar terhadap Perubahan Pola Respirasi, Produksi Etilen dan Jaringan Buah Mangga (*Mangifera Indica L*) Var Gedong Gincu pada Berbagai Suhu Penyimpanan". *Jurnal Kompetensi Teknik Vol.2, No.1*.
- Renobayan. 2011. *Biologi*. Jakarta: Grasindo.
- Sari, Putri Puspita. 2012. *Metabolisme Primer dan Sekunder*. Surakarta: Universitas Setia Budi.
- Seigler, D.S. 1998. *Plant Secondary Metabolism*. Dodrecht: Kluwer.
- Susantiningih, Tiwuk. 2013. "Peran Enzim dalam Metabolisme". *Jurnal Kedokteran. Volume 3 Nomor 1*, Maret Tahun 2013.
- Winarno, F.G dan M. Aman Kartakusuma. 1981. *Fisiologi Lepas Panen*. Jakarta: Sentra Hudaya.