

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Hakikat IPA

Hakikat IPA (Sains) telah banyak dikemukakan, antara lain menurut Permendiknas No.22 tahun 2006 tentang Standar Isi memberikan pengertian bahwa Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berkaitan dengan cara mencari tahu tentang alam secara sistematis, sehingga IPA bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan.

Menurut Patta Bundu (2006: 11-13) pada hakikatnya IPA dibangun atas dasar produk ilmiah, proses ilmiah, dan sikap ilmiah.

a. IPA sebagai Produk

IPA sebagai disiplin ilmu disebut juga sebagai produk IPA, yang merupakan kumpulan hasil kegiatan empirik dan kegiatan analitik yang dilakukan oleh para ilmuwan selama berabad-abad. Bentuk IPA sebagai produk adalah fakta-fakta, konsep-konsep, prinsip-prinsip, dan teori-teori IPA. Jika ditelaah lebih lanjut, maka fakta-fakta merupakan hasil dari kegiatan empirik IPA, sedangkan konsep-konsep, prinsip-prinsip, dan teori-teori IPA merupakan hasil dari kegiatan analitik. Fakta adalah pertanyaan dan pernyataan tentang benda yang benar-benar ada, atau peristiwa-peristiwa yang betul-betul terjadi dan sudah

dibuktikan secara obyektif. Konsep adalah suatu ide yang mempersatukan fakta-fakta IPA yang saling berhubungan. Sedangkan prinsip adalah generalisasi tentang hubungan di antara konsep-konsep IPA.

b. IPA sebagai Proses

Menurut Patta Bundu (2006: 12), pengkajian IPA dari segi proses disebut juga keterampilan proses sains (*science process skills*) atau disingkat dengan proses sains. Proses sains (IPA) adalah sejumlah keterampilan untuk mengkaji fenomena alam dengan cara-cara tertentu untuk memperoleh ilmu dan pengembangan ilmu itu selanjutnya. Keterampilan proses mengharuskan peserta didik mempelajari IPA sesuai dengan apa yang para ahli sains lakukan, yakni melalui pengamatan, klasifikasi, inferensi, merumuskan hipotesis, dan melakukan eksperimen.

c. IPA sebagai Sikap Ilmiah

Indikator ketiga dari sains (IPA) adalah sikap sains atau sering disebut sikap ilmiah atau sikap keilmuan. Perlu dibedakan antara sikap sains (sikap ilmiah) dengan sikap terhadap sains. Kedua konsep ini mempunyai hubungan tetapi terdapat penekanan yang berbeda. Sikap terhadap sains adalah kecenderungan pada rasa senang atau tidak senang terhadap sains, sedangkan yang dimaksud dengan sikap ilmiah adalah

sikap yang dimiliki para ilmuwan dalam mencari dan mengembangkan pengetahuan baru, sikap tersebut di antaranya obyektif terhadap fakta, jujur, teliti, bertanggung jawab, dan terbuka.

Menurut Kemdikbud (2014: 2), IPA pada hakikatnya meliputi empat unsur yaitu:

- a. Sikap, meliputi rasa ingin tahu tentang benda, fenomena alam, makhluk hidup, serta hubungan sebab akibat yang menimbulkan masalah baru yang dapat dipecahkan melalui prosedur yang benar.
- b. Proses, yaitu prosedur pemecahan masalah melalui teknik ilmiah; teknik ilmiah meliputi penyusunan hipotesis, perancangan eksperimen atau percobaan, evaluasi, pengukuran, dan penarikan kesimpulan.
- c. Produk, berupa fakta, konsep, prinsip, teori, dan hukum.
- d. Aplikasi, yaitu penerapan teknik ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa IPA menurut hakikatnya adalah suatu cara untuk memperoleh pengetahuan baru berupa produk ilmiah dan sikap ilmiah melalui suatu kegiatan yang disebut dengan proses ilmiah. Siapa pun yang akan mempelajari IPA harus melakukan proses ilmiah. Melalui proses ilmiah tersebut, seseorang dapat menemukan pengetahuan baru dan menanamkan sikap

ilmiah terhadap dirinya. Produk ilmiah yang diperoleh kemudian diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

2. Hakikat Pembelajaran IPA

NRC (1996: 20) menyatakan bahwa *learning science is an active process. Learning science is something students do, not something that is done to them*. Maksudnya, pembelajaran IPA adalah sesuatu harus dilakukan oleh peserta didik bukan terhadap peserta didik. Peserta didik harus terlibat dalam kegiatan fisik maupun mental, tidak cukup dengan kegiatan *hands-on* tetapi juga *minds-on*. Pembelajaran IPA harus berorientasi pada *inquiry* sehingga peserta didik mendapatkan pengalaman dan pengetahuan mengenai alam di sekitarnya. Pembelajaran IPA yang berpusat pada peserta didik dan menekankan pentingnya belajar secara aktif mengubah persepsi tentang guru yang selalu memberikan informasi dan menjadi sumber pengetahuan bagi peserta didik.

Menurut Kemdikbud (2014: 3), di dalam pembelajaran IPA, peserta didik didorong untuk menemukan sendiri dan mentransformasikan informasi kompleks, mengecek informasi baru dengan aturan-aturan lama di dalam pikirannya, dan merevisinya apabila aturan-aturan itu tidak lagi sesuai. Prinsipnya adalah pengetahuan tidak dapat dipindahkan begitu saja dari guru ke peserta didik. Peserta didik harus didorong untuk mengonstruksi pengetahuan di dalam pikirannya. Agar benar-benar memahami dan dapat

menerapkan pengetahuan, peserta didik perlu didorong untuk bekerja memecahkan masalah, menemukan segala sesuatu untuk dirinya, dan bersusah payah dengan ide-idenya.

Peran guru dalam pembelajaran IPA menurut Kemdikbud (2014: 4) adalah memberikan tugas menantang berupa permasalahan yang harus dipecahkan peserta didik. Pada saat tugas itu diberikan, peserta didik belum menguasai cara pemecahannya, namun dengan berdiskusi dengan temannya dan bantuan guru, tugas tersebut dapat diselesaikan. Penyelesaian tugas tersebut menunjukkan bahwa kemampuan-kemampuan dasar untuk menyelesaikan tugas itu dikuasai oleh peserta didik.

Guru IPA harus memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk berdiskusi dan berbagai bentuk kerja sama lainnya untuk menyelesaikan tugas itu. Selain itu, guru memberikan sejumlah bantuan kepada peserta didik selama tahap awal pembelajaran. Selanjutnya, peserta didik mengambil alih tanggung jawab yang semakin besar segera setelah ia dapat melakukannya. Bantuan yang diberikan guru tersebut dapat berupa petunjuk, peringatan, dorongan, menguraikan masalah ke dalam langkah-langkah pemecahan, memberikan contoh, atau apapun yang lain yang memungkinkan peserta didik tumbuh mandiri (Kemdikbud, 2014: 4). Hal ini menjelaskan bahwa guru IPA harus mampu memfasilitasi peserta didik dalam pembelajaran kooperatif atau kolaboratif sehingga peserta didik

peserta didik mampu bekerja sama untuk menyelesaikan suatu tugas atau memecahkan masalah tanpa takut salah.

Kemdikbud (2014: 8) menjelaskan bahwa pembelajaran IPA di sekolah diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitarnya, dan prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya di dalam kehidupan sehari-hari. Cakupan IPA yang dipelajari di sekolah tidak hanya berupa kumpulan fakta tetapi juga proses perolehan fakta yang didasarkan pada kemampuan menggunakan pengetahuan dasar IPA untuk memprediksi atau menjelaskan berbagai fenomena yang berbeda dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa pembelajaran IPA di sekolah seharusnya memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Berpusat kepada peserta didik, maksudnya peserta didik aktif mencari, menggali, dan menemukan konsep pengetahuan yang harus dikuasainya sesuai dengan perkembangannya. Dengan kata lain, pembelajaran IPA memberikan keleluasaan pada peserta didik untuk bereksplorasi.
- b. Kebermaknaan, maksudnya pembelajaran IPA mengkaji suatu fenomena dari berbagai indikator yang membentuk jalinan informasi yang dimiliki oleh peserta didik sehingga berdampak pada meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menerapkan

perolehan belajarnya pada pemecahan masalah yang nyata dalam kehidupan sehari-hari.

- c. Pembelajaran melalui pengalaman langsung, maksudnya peserta didik dilibatkan secara langsung sehingga peserta didik dapat memahami hasil belajarnya sesuai dengan fakta dan peristiwa yang dialaminya, bukan sekedar informasi dari guru. Peserta didik menjadi “pemeran utama” pembelajaran IPA dalam mencari fakta dan informasi untuk mengembangkan pengetahuannya.

3. Model Pembelajaran PBL

PBL is an instructional (and curricular) learner-centered approach that empowers learner to conduct research, integrate theory and practice, and apply knowledge and skills to develop a viable solution to define problem (Savery, 2006: 12). PBL adalah sebuah pendekatan *student-centered* yang bertujuan agar peserta didik mampu mengaplikasikan pengetahuan dan kemampuan yang dimilikinya untuk membangun solusi pemecahan masalah. Arends (2012: 396) menyatakan bahwa inti dari pembelajaran berbasis masalah adalah penyajian situasi permasalahan yang autentik dan bermakna kepada peserta didik yang dapat menjadi landasan penyelidikan dan inkuiri.

Kiley, *et al* (2005: 3) menyatakan sebagai berikut:

“In a PBL course students meet together in a small group with a tutor to discuss a set problem. Initially the students explore the problem using their prior knowledge and experience. They then analyse the problem and formulate hypotheses that might explain the problem. They uses this information to determine the

further information they require to understand and solve the problem.”

PBL memfasilitasi peserta didik untuk bekerja secara berkelompok dalam menyelesaikan suatu masalah. Peserta didik diharapkan untuk melakukan eksplorasi terhadap pengalaman ataupun pengetahuan yang telah dimilikinya kemudian hasil eksplorasinya digunakan untuk menganalisis permasalahan dan merumuskan hipotesis. Hipotesis inilah yang digunakan untuk menentukan informasi-informasi lain yang diperlukan untuk memecahkan masalah yang di diskusikan dalam kelompok. Sudarman (2007: 69) menyatakan bahwa *Problem Based Learning* atau pembelajaran berbasis masalah adalah suatu pendekatan pembelajaran yang menggunakan masalah dunia nyata sebagai suatu konteks bagi peserta didik untuk belajar tentang cara berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah, serta untuk memperoleh pengetahuan dan konsep yang esensial dari materi kuliah atau materi pelajaran.

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa PBL adalah suatu model pembelajaran yang menggunakan masalah untuk mengembangkan cara berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Masalah tersebut akan mendorong peserta didik untuk bereksplorasi menggunakan pengetahuan awal dan pengalamannya sehingga peserta didik dapat menemukan alternatif pemecahan masalah yang masuk akal.

Savery (2006: 15) menyatakan bahwa PBL memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. *The role of the tutor as a facilitator of learning*; peran guru dalam pembelajaran adalah sebagai fasilitator. Guru memberi bantuan kepada peserta didik, akan tetapi peserta didik harus berusaha untuk bekerja secara mandiri atau secara berkelompok. Bantuan guru ini contohnya pertanyaan-pertanyaan untuk memancing peserta didik menemukan informasi yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapinya.
- b. *The responsibilities of the learners to be self-directed and self-regulated in their learning*: rasa tanggung jawab peserta didik untuk mengarahkan dan mengatur diri sendiri dalam belajar. PBL adalah pendekatan *student centered* sehingga peserta didik harus berhubungan dengan permasalahan, apapun pengetahuan yang peserta didik miliki saat itu. Peserta didik harus menentukan sendiri apa yang telah mereka pelajari dan apa yang perlu mereka pelajari lebih dalam. Masing-masing peserta didik bertanggung jawab untuk mencari informasi yang relevan dan membawanya hasil pencariannya ke kelompok untuk menentukan solusi masalah tersebut.
- c. *The essential elements in the design of ill-structured instructional problems as the driving force for inquiry*: unsur yang penting dalam desain instruksional yang tidak diatur dengan baik yaitu

masalah sebagai pendorong penyelidikan. Kemampuan berpikir kritis yang berkembang melalui PBL adalah kemampuan mengidentifikasi masalah dan menentukan parameter untuk membentuk sebuah solusi. Ketika masalah yang ditemukan sudah terstruktur dengan baik, peserta didik kurang termotivasi untuk membentuk solusinya.

Arends (2012: 397) menjabarkan bahwa ciri-ciri model PBL adalah sebagai berikut:

- a. *Driving question or problem*, PBL menyusun pembelajaran berdasarkan pertanyaan atau masalah yang penting dan bermakna bagi peserta didik.
- b. *Interdisciplinary focus*, masalah aktual yang diselidiki mengharuskan peserta didik untuk mempelajari banyak pelajaran.
- c. *Authentic investigation*, PBL menuntut peserta didik untuk melakukan penyelidikan autentik untuk mencari solusi nyata bagi masalah aktual yang diselidiki.
- d. *Production of artifacts and exhibits*, PBL mengharuskan peserta didik membuat produk yang menjelaskan atau mewakili solusi-solusi mereka (misalnya laporan, model fisik, video, atau situs web yang bisa dipajang dalam pameran).
- e. *Collaboration*, PBL memberikan peserta didik keluasaan untuk mengembangkan keterampilan sosialnya dengan bekerja sama antar peserta didik atau bekerja dalam kelompok.

Mohd Nzir Md Zabit (2010: 20) menjelaskan bahwa PBL memiliki 9 karakteristik penting yaitu:

- a. *Student centered*, peserta didik dimotivasi untuk bertanggung jawab dalam belajar secara mandiri.
- b. *Problem-based*, masalah yang digunakan adalah masalah aktual di dunia nyata.
- c. *Problem solving*, masalah digunakan secara efektif dan efisien untuk merangsang dan membangun keterampilan penalaran.
- d. *Self-directed*, peserta didik mampu menentukan apa yang akan dipelajari dan menyesuaikan dengan tugas mereka untuk menyelesaikan masalah
- e. *Reiterative*, ketika peserta didik selesai belajar mandiri untuk mengumpulkan informasi guna menyelesaikan masalah, mereka akan kembali ke permasalahan dan mereka akan mengaplikasikan pengetahuan baru yang mereka dapatkan melalui pemecahan masalah.
- f. *Collaborative*, pemikiran, kepercayaan, persepsi, dan pengetahuan peserta didik akan menantang ketika mereka bekerja sama dengan peserta didik lain dan hal ini akan mendorong perkembangan proses kognitif peserta didik.
- g. *Self reflecting*, ketika permasalahan telah terselesaikan, siswa akan melakukan refleksi diri kepada informasi baru, membandingkan dengan masalah baru, membuat refleksi untuk menghadapi

permasalahan yang sama di masa depan, merumuskan konsep atau prinsip, dan membuat peta konsep yang menjelaskan hubungan dari bagian-bagian permasalahan dan alasan hubungannya.

- h. *Self monitoring*, peserta didik akan memonitor, mengevaluasi kemajuan, dan kemampuan dirinya sendiri.
- i. *Authentic*, semua perilaku belajar peserta didik dalam PBL mencakup semua langkah yang diperlukan peserta didik akan dievaluasi dalam situasi dunia nyata.

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa PBL memiliki karakteristik yaitu

- a. Dikembangkan berdasarkan permasalahan aktual yang interdisipliner
- b. *Student centered* atau peserta didik bertanggung jawab untuk mengarahkan dan mengatur apa yang dipelajarinya
- c. Penyelidikannya autentik
- d. Dilaksanakan secara kolaboratif

PBL memiliki 5 tahapan menurut Arends (2012: 411) yaitu:

- a. *Orient students to the problem*, mengarahkan peserta didik kepada masalah
- b. *Organize students for study*, mempersiapkan peserta didik untuk belajar
- c. *Assist independent and group investigation*, membantu penyelidikan mandiri dan kelompok

- d. *Develop and present artifacts and exhibits*, mengembangkan dan mempresentasikan hasil penyelidikan
- e. *Analyze and evaluate the problem-solving process*, menganalisis dan mengevaluasi proses penyelesaian masalah.

Tahapan PBL menurut Woei Hung, David H. Jonassen dan Rude Liu (2008: 489) yaitu:

- a. *Students in groups of five to eight encounter the reason through the problem*, peserta didik secara berkelompok berusaha untuk memahami masalah dan tujuan belajar untuk menyelesaikan masalah tersebut.
- b. *During self-directed learning, individual students complete their learning assignments*. Peserta didik mengumpulkan dan mempelajari sumber belajar kemudian disampaikan ke kelompoknya.
- c. *Students share their learning with the group*, peserta didik secara berkelompok menyampaikan hasil belajar secara individu kepada kelompok..
- d. *Students summarize and integrate their learning*, di akhir pembelajaran peserta didik diharapkan mampu untuk meringkas hasil belajar yang peserta didik dapatkan selama pembelajaran kemudian diintegrasikan dengan hasil belajar lainnya.

Tahapan-tahapan dalam PBL mengadopsi dari Arends (2012: 411) adalah:

- a. Memberikan orientasi masalah kepada peserta didik
- b. Mengorganisasikan peserta didik untuk melakukan penyelidikan
- c. Membimbing penyelidikan peserta didik
- d. Menyajikan hasil penyelidikan
- e. Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

Dindin Abdul Muiz L (2009: 6) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah memiliki kelebihan antara lain: peserta didik didorong untuk memiliki kemampuan memecahkan masalah dalam situasi nyata, peserta didik memiliki kemampuan membangun pengetahuannya sendiri melalui aktivitas belajar, dan pembelajaran berfokus pada masalah sehingga materi yang tidak ada hubungannya tidak perlu saat itu dipelajari oleh peserta didik. Hal ini mengurangi beban peserta didik dengan menghafal atau menyimpan memori. Adapun kelemahan dari pembelajaran berbasis masalah yaitu model pembelajaran ini tidak dapat diterapkan untuk setiap materi pelajaran (pembelajaran berbasis masalah lebih cocok untuk pembelajaran yang menuntut kemampuan tertentu yang kaitannya dengan pemecahan masalah), dalam suatu kelas memiliki tingkat keragaman peserta didik yang tinggi akan terjadi kesulitan dalam pembagian tugas, dan biasanya membutuhkan waktu yang tidak sedikit sehingga

dikhawatirkan tidak dapat menjangkau seluruh konten yang diharapkan walaupun model ini berfokus pada masalah bukan pada konten materi.

Berdasarkan pendapat tersebut, kelebihan PBL adalah dapat mendorong peserta didik memiliki kemampuan memecahkan masalah dalam situasi nyata, memiliki kemampuan membangun pengetahuan sendiri berdasarkan pengalamannya, dan berfokus pada masalah bukan pada konten materi, sedangkan kelemahan PBL yaitu tidak dapat diterapkan untuk setiap materi pelajaran dan membutuhkan waktu yang lama untuk persiapannya sehingga tidak selalu dapat menjangkau seluruh konten yang diharapkan.

4. Keterampilan Pemecahan Masalah

Krulik dan Rudnick (1988: 2) menyatakan bahwa *a problem is a situation, quantitative or otherwise, that confronts an individual or group of individuals, that requires resolution, and for which the individual sees no apparent path to obtaining the solution.* Masalah adalah sebuah kondisi yang dihadapi oleh seseorang yang memerlukan solusi untuk memecahkannya. Masalah memerlukan analisis dan sintesis dari pengetahuan yang telah diketahui sebelumnya untuk menyelesaikannya.

Terdapat banyak interpretasi tentang pemecahan masalah. Polya (1973: 4-5) mengartikan pemecahan masalah sebagai suatu usaha mencari jalan keluar dari suatu kesulitan guna mencapai suatu

tujuan yang tidak dapat segera dicapai. Sementara itu, Liliyasi (dalam Muh. Tawil dan Liliyasi, 2013: 87) menyatakan sebagai berikut.

“Keterampilan pemecahan masalah menggunakan dasar proses berpikir untuk memecahkan kesulitan yang diketahui atau didefinisikan, mengumpulkan fakta tentang kesulitan tersebut dan menentukan informasi tambahan yang diperlukan. Selanjutnya menyimpulkan atau mengusulkan alternatif pemecahan masalah dan mengujinya untuk kelayakan. Akhirnya secara potensial mereduksi menjadi taraf penjelasan yang lebih sederhana dengan menghilangkan pertentangan, serta melengkapi pengujian pemecahan masalah untuk menggeneralisasikan.”

Krulik dan Rudnick (1988: 3) menuliskan *problem solving is a process. It is the means by which an individual uses previously acquired knowledge, skills, and understanding to satisfy the demands of an unfamiliar situation.* Memecahkan masalah adalah suatu proses yang dilakukan oleh seseorang untuk menemukan solusi dari masalah tersebut. Proses ini diawali dengan mengumpulkan pengetahuan-pengetahuan yang telah diketahui sebelumnya kemudian dianalisis dan disintesis sehingga didapatkan solusi yang sesuai dengan masalah tersebut.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, keterampilan pemecahan masalah adalah suatu usaha yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan pengetahuan, kemampuan dan pemahaman yang dimiliki. Sangat tidak mungkin untuk menemukan solusi dari setiap masalah yang berkembang tanpa bantuan pengetahuan sebelumnya. Bantuan ini hanya memberikan sebuah sinyal tetapi tidak membangun fakta secara keseluruhan.

Carson (2007: 11-13) menjelaskan bahwa pemecahan masalah mempunyai 8 elemen, yaitu:

- a. *Definition of a problem*, peserta didik harus mampu menentukan permasalahan yang terjadi karena tidak mungkin akan ditemukan solusinya jika masalahnya tidak ditentukan secara jelas.
- b. *Definition of problem solving*, hal ini berhubungan dengan proses berpikir dan pengetahuan. Pemecahan masalah pada dasarnya adalah pengaplikasian pengetahuan sebelumnya pada situasi yang baru.
- c. *Algorithms*, hal ini membutuhkan proses mengingat dan berpikir yang dalam.
- d. *Heuristics*, membutuhkan peserta didik untuk berpikir tingkat tinggi dan pemahaman penuh terhadap masalah yang dihadapi.
- e. *Connect theory and practice*, tidak mungkin memisahkan antara teori dan praktik dalam dua domain kognitif. Berpikir sebenarnya adalahnya pengintegrasian antara teori dan praktik, abstrak dan konkret, konseptual dan kontekstual.
- f. *Problem solving teaches creativity*, masalah yang dibuat bukan sesuatu yang baru melainkan sesuatu yang sudah ada namun diintegrasikan dengan ide-ide lainnya.
- g. *Problem solving requires a knowledge base*, pengetahuan yang dimiliki oleh peserta didik akan diaplikasikan pada permasalahan baru yang dihadapinya.

h. *Problem solving is the application of concept or transfer*, jika pengetahuan dan masalah adalah sesuatu yang baru, maka pengetahuan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk memecahkan masalah tersebut. Masalah tersebut bisa jadi mirip dengan masalah yang sudah diselesaikan sebelumnya. Bentuk permasalahannya bisa berbeda, namun polanya bisa sama.

Keterampilan pemecahan masalah beberapa tahapan. Berikut ini disajikan tabel tahapan-tahapan memecahkan masalah menurut John Dewey (1909), Goerge Polya (1973: 5-19), serta Stephen Krulik dan Jesse Rudnick (1988: 24-37) sebagai berikut:

Tabel 1. Tahapan dalam memecahkan masalah

	John Dewey	Goerge Polya	Stephen Krulik dan Jesse Rudnick
Tahapan dalam memecahkan masalah	<i>Confront problem</i>	<i>Understanding the problem</i>	<i>Read</i>
	<i>Diagnose or define problem</i>	<i>Devising a plan</i>	<i>Explore</i>
	<i>Inventory several solution</i>	<i>Carrying out the plan</i>	<i>Select a strategy</i>
	<i>Conjecture consequences of solutions</i>	<i>Looking back</i>	<i>Solve</i>
	<i>Test consequences</i>		<i>Review and extend</i>

Ketiga jenis tahapan dalam memecahkan masalah di atas pada dasarnya sama. Inti dari ketiga pendapat di atas yaitu memahami masalah, merancang solusi, memecahkan masalah, dan mengevaluasi solusi pemecahan masalah.

Tahapan dalam memecahkan masalah dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. *Understanding the problem*

Tahap ini sangat penting dilakukan sebagai tahap awal dari pemecahan masalah agar peserta didik dapat mudah mencari penyelesaian masalah yang diajukan. Peserta didik diharapkan dapat memahami kondisi masalah yang meliputi mengenali masalah, menganalisis masalah, dan menterjemahkan informasi yang diketahui dan ditanyakan pada masalah tersebut (Polya, 1973: 21-34)

b. *Devising a plan*

Perencanaan ini penting untuk dilakukan oleh peserta didik karena pada saat peserta didik mampu membuat hubungan dari data yang diketahui dan tidak diketahui, peserta didik dapat menyelesaikannya dari pengetahuan yang telah diperoleh sebelumnya (Polya, 1973: 42-46).

c. *Carrying out the plan*

Pada tahap ini, peserta didik telah siap melakukan segala pemecahan masalah dengan segala macam yang diperlukan seperti konsep dan rumus yang sesuai dengan masalah yang dihadapi (Polya, 1973: 50-53).

d. *Looking back*

Pada tahap ini, peserta didik diharapkan berusaha untuk mengecek kembali dengan teliti setiap tahap yang telah ia lakukan. Dengan demikian, kesalahan dan kekurangan dalam pemecahan

masalah dapat ditemukan. Selain itu, peserta didik diharapkan mampu untuk membuat kesimpulan dari pemecahan masalah tersebut (Polya, 1973: 59-65).

Tahapan pemecahan masalah yang dijabarkan tersebut kemudian peneliti menjabarkan dalam beberapa indikator sebagai berikut:

Tabel 2. Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah

No	Tahapan	Indikator
1	Memahami masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi apa yang diketahui dari masalah • Mengidentifikasi apa yang akan dicari
2	Merencanakan solusi	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan rumus yang sesuai • Menggunakan informasi untuk mengembangkan informasi baru
3	Memecahkan masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Mengimplementasikan solusi pemecahan masalah
4	Mengevaluasi pemecahan masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis hasil • Menyimpulkan hasil

5. Kajian Keilmuan

a. Energi

Energi adalah sebuah besaran skalar yang dihubungkan dengan kondisi (keadaan) dari satu atau banyak objek. Jika sebuah gaya mengubah suatu objek, atau katakanlah membuat objek tersebut bergerak, maka jumlah energinya berubah. Energi dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk lainnya dan dapat dipindahkan dari satu objek ke objek lainnya, tetapi jumlah totalnya selalu sama (energi bersifat kekal). Tidak ada pengecualian terhadap hukum kekekalan energi yang telah ditemukan (Halliday, *et al*, 2011: 140). Menurut Young, *et al*

(2008: 181), energi merupakan suatu kuantitas yang dapat dikonversikan dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya, tetapi tidak dapat diciptakan atau dihancurkan. Menurut Giancoli (2001: 178), energi secara tradisional didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja, meskipun definisi ini tidak terlalu tepat dan valid untuk semua jenis energi. Energi dikategorikan menjadi :

1) Energi kinetik

Sebuah benda yang sedang bergerak memiliki kemampuan untuk melakukan kerja dan dengan demikian dapat dikatakan mempunyai energi. Energi inilah yang kemudian disebut dengan energi kinetik atau energi gerak (Giancoli, 2001: 179). Menurut Young, *et al* (2008: 188), energi kinetik adalah jumlah total usaha yang bekerja di sebuah objek dari gaya-gaya luar yang berkaitan dengan perpindahan posisi objek, tetapi total usaha ini juga berkaitan dengan perubahan kelajuan dari objek tersebut. Energi kinetik dirumuskan sebagai:

$$Ek = \frac{1}{2}mv^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

dengan, Ek = energi kinetik

m = massa objek

v = kelajuan

2) Energi potensial

Energi potensial adalah sebuah energi yang berhubungan dengan gaya berdasarkan posisi atau konfigurasi benda dan

lingkungannya (Halliday, *et al*, 2011: 166). Energi potensial dibedakan menjadi beberapa macam yaitu:

- a) Energi potensial gravitasi adalah energi potensial yang dihubungkan dengan sebuah sistem terdiri dari bumi dan benda terdekat. Energi potensial gravitasi dirumuskan sebagai:

$$Ep = mgh \quad \dots\dots\dots(2)$$

dengan, Ep = energi potensial gravitasi

m = massa benda

g = percepatan gravitasi

h = ketinggian benda

- b) Energi potensial elatis adalah energi yang dihubungkan dengan adanya gaya tekan dan gaya regang dari sebuah benda elastis. Sebuah pegas yang dikenai gaya tekan sebesar $F = - kx$, ketika gaya ini dibebaskan sehingga terjadi perubahan posisi pegas sebesar x, maka besarnya energi potensial elastis adalah:

$$Ep = \frac{1}{2} kx^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

dengan, Ep = energi potensial elastis

k = konstanta pegas

x = panjang regangan/tekanan (Halliday, *et al*, 2011: 186-187).

- c) Energi potensial kimia adalah energi yang tersimpan dalam bahan bakar yang menggerakkan kendaraan, baterai, dan makanan. Semua hewan bergantung pada energi potensial

kimia yang tersimpan dalam makanan, dan semua makhluk hidup bergantung pada molekul yang tersimpan pada energi kimia untuk penggunaan di masa depan (Trefil, 2007: 56).

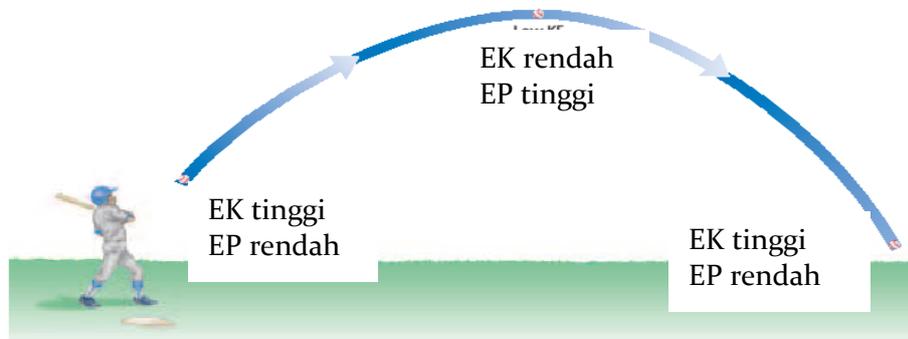
Energi yang tersedia di alam akan mengalami perubahan bentuk sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia, beberapa perubahan bentuk energi diantaranya:

- 1) Perubahan energi listrik, misalnya pada lampu yang dinyalakan terjadi perubahan energi listrik menjadi energi cahaya dan panas. Selain itu, perubahan energi listrik ini biasa kita temukan pada peralatan-peralatan elektronik yang ada di rumah.
- 2) Perubahan energi kimia, misalnya pada bahan bakar pada kendaraan bermotor. Mesin pada kendaraan bermotor mengubah energi kimia yang tersimpan pada bensin menjadi energi kinetik yang dapat menyebabkan kendaraan bergerak. Selain perubahan energi kimia menjadi energi kinetik, terjadi pula perubahan energi kimia menjadi energi panas (Glencoe, 2005: 107-108).

Pada kehidupan sehari-hari, sering kali ditemukan bahwa energi kinetik dan energi potensial bekerja dalam satu sistem. Energi mekanik adalah jumlah total energi kinetik dan potensial yang ada di dalam suatu sistem. Energi mekanik dapat dituliskan pada persamaan sebagai berikut:

$$\text{Energi mekanik} = \text{Energi kinetik} + \text{Energi potensial} \dots (4)$$

Dengan kata lain, energi mekanik adalah energi yang terjadi pada suatu benda karena posisi dan gerakan benda tersebut pada suatu sistem (Glencoe, 2005: 108).



Gambar 1. Energi kinetik dan potensial yang bekerja pada bola yang dipukul oleh pemain *baseball*
Sumber: Glencoe, 2005: 109

Energi yang ada alam berdasarkan sumbernya terbagi menjadi dua macam yaitu:

1) Energi yang tidak dapat diperbaharui (*Non renewable energy*)

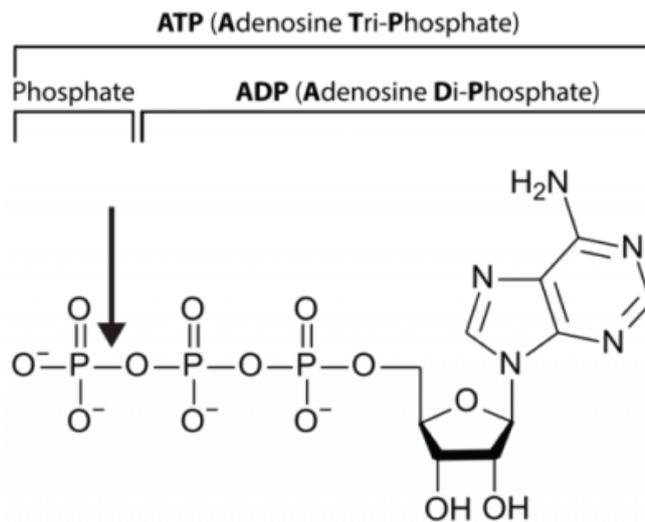
Energi yang tidak dapat diperbaharui maksudnya energi yang berasal dari sumber energi yang tidak dapat diperbaharui oleh proses alam secara cepat. Contoh dari energi ini adalah energi yang bersumber pada bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil terbagi menjadi minyak bumi, gas bumi, dan batu bara. Bahan bakar fosil ini terbentuk dari tumbuhan dan hewan yang telah mati selama jutaan tahun lalu (Glencoe, 2005: 257, 263).

2) Energi yang dapat diperbaharui (*Renewable energy*)

Energi yang dapat diperbaharui maksudnya energi yang berasal dari sumber energi yang dapat diperbaharui dengan cepat

sesuai dengan penggunaannya. Contoh dari energi ini adalah energi yang berasal dari matahari, air, gelombang, angin, geothermal, dan energi alternatif lainnya (Glencoe, 2005: 271-276).

Pada makhluk hidup, energi paling banyak dijumpai dalam bentuk *adenosin triphosphate* (ATP), sebuah molekul yang menyediakan energi untuk berbagai proses kimia yang terjadi di dalam sel hidup. ATP terdiri dari tiga fosfat (kumpulan atom fosforus dan oksigen) yang berada di ekor molekul ATP, molekul gula yang disebut ribosa, dan adenin (Trefil, 2007: 439).



Gambar 2. Struktur ATP
Sumber: Anonim, 2015

Penempatan grup fosfat di ekor ATP merupakan proses endoterm, yaitu suatu proses kimia yang membutuhkan energi. Jika fosfat dilepaskan di dalam suatu reaksi kimia, energi yang dimiliki ATP dapat digunakan untuk reaksi kimia lainnya. Dengan kata lain, energi yang tersimpan di ATP diperoleh dari ikatan antara fosfor

dengan oksigen dari suatu bagian sel dengan yang lainnya (Trefil, 2007: 440).

Mitokondria merupakan tempat terbentuknya energi dalam sel. Energi yang terbentuk adalah ATP. Molekul ini kemudian berpindah ke bagian sel yang membutuhkan energi. Pada saat ini, ATP berperan seperti baterai, molekul ATP yang ada di bagian sel yang membutuhkan energi kemudian melepaskan satu fosfat sehingga energi potensial kimia dapat digunakan untuk reaksi kimia yang diinginkan. Tiga fosfat berubah menjadi dua fosfat (diphosphate) seperti pada reaksi berikut:



Selain ATP, energi dalam sel juga dihasilkan dalam bentuk FADH_2 dan NADH . Keduanya menyimpan energi dan dapat digunakan ketika energi tambahan diperlukan (Trefil, 2007: 440).

b. Respirasi

Sumber utama energi untuk makhluk hidup berasal dari oksidasi karbohidrat seperti glukosa. Reaksi ini disebut dengan respirasi. Respirasi mengeluarkan energi yang tersimpan di glukosa melalui beberapa reaksi kimia seluler yang kompleks. Ikatan kimia di molekul glukosa menyimpan energi potensial kimia. Semakin banyak ikatan di molekul glukosa yang pecah, semakin banyak energi yang ditransferkan oleh sel (Trefil, 2007: 441).

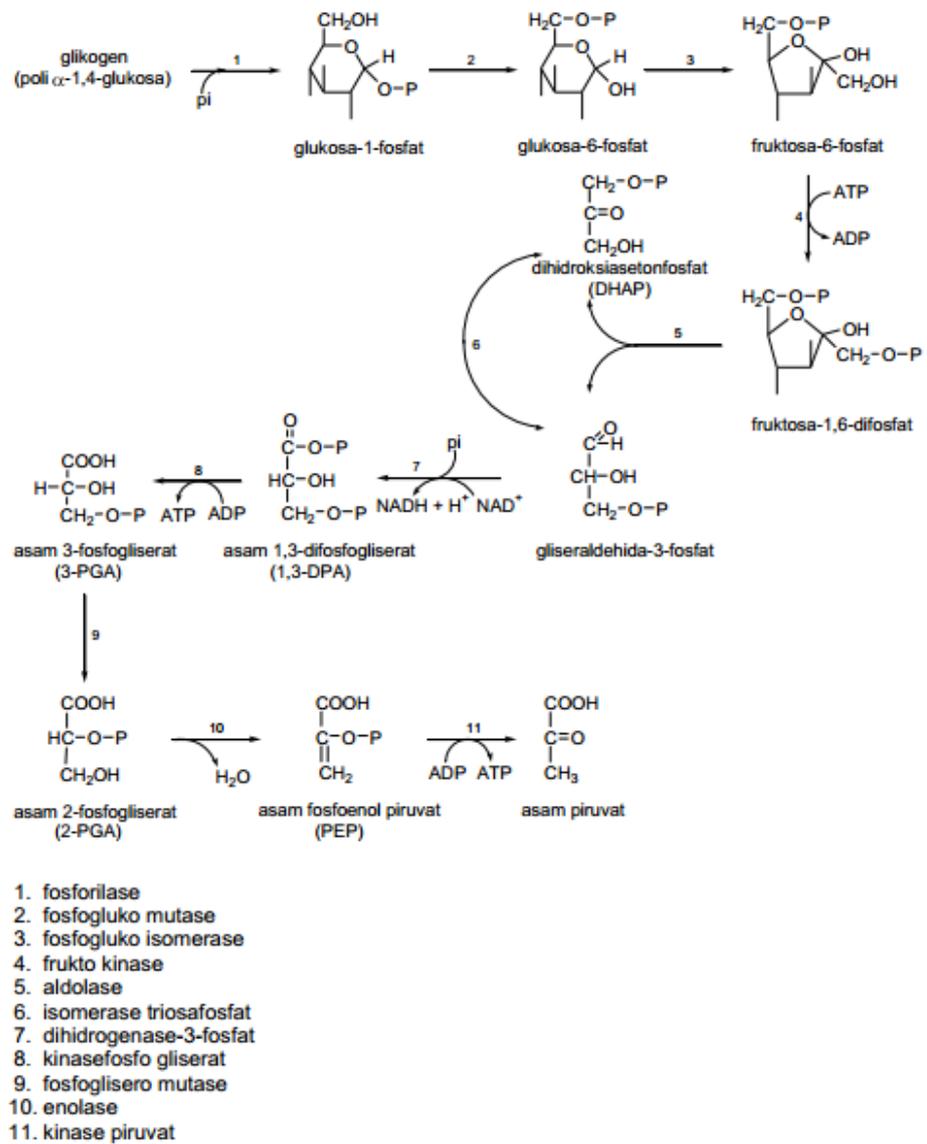
Respirasi terjadi dalam tiga tahapan, yaitu:

1) Glikolisis

Glikolisis terjadi dalam sitosol, mengawali proses respirasi dengan memecah glukosa menjadi dua molekul senyawa yang disebut dengan piruvat. Piruvat merupakan bentuk ionisasi asam piruvat (Campbell dan Reece, 2010: 179). Pada tahap ini, glukosa yang mengandung 6 atom karbon dipecah menjadi dua molekul piruvat yang mengandung 3 atom karbon. Selama glikolisis tidak ada CO_2 yang dilepaskan. Terjadinya glikolisis ini tidak bergantung dengan ada atau tidaknya O_2 . Akan tetapi, jika O_2 tersedia, energi kimia yang disimpan dalam piruvat dan NADH dapat diekstraksi oleh siklus asam sitrat dan fosforilasi oksidatif (Campbell dan Reece, 2010: 181).

Reaksi yang terjadi selama glikolisis dirangkum dalam skema

berikut:

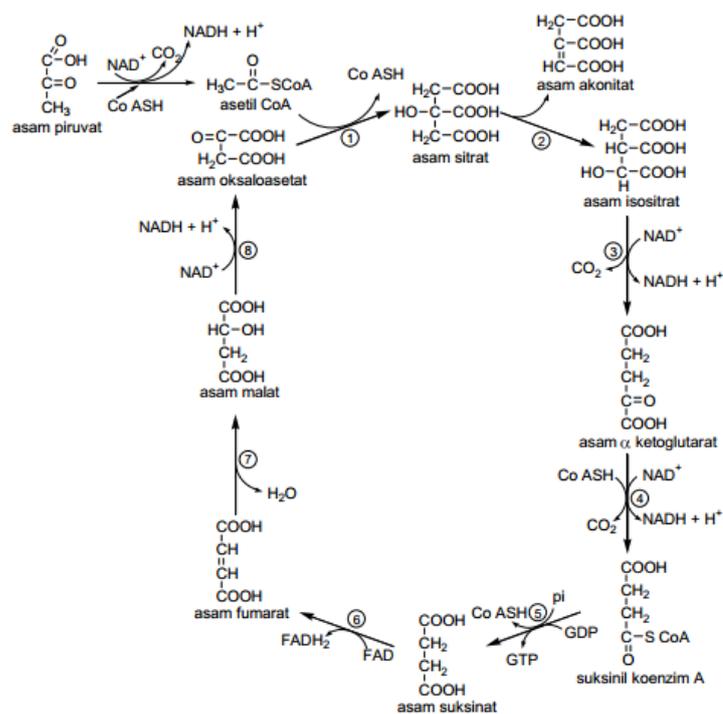


Gambar 3. Skema Glikolisis
 Diadaptasi dari Anna Poedjadi, 2009: 248-259

Berdasarkan skema glikolisis di atas, hasil dari glikolisis adalah 2 asam piruvat, 2 H₂O, 2 ATP, 2 NADH, 2 H⁺.

2) Siklus Asam Sitrat

Siklus asam sitrat berlangsung dalam matriks mitokondria, menyelesaikan pemecahan glukosa dengan cara mengoksidasi turunan piruvat menjadi karbondioksida (Campbell dan Reece, 2010: 179). Siklus asam sitrat ini disebut juga dengan siklus Krebs. Pada dasarnya, siklus asam sitrat ini mengubah asam piruvat hasil dari glikolisis menjadi asetil koenzim A atau asetil KoA (*acetyl CoA*). Reaksi yang terjadi selama siklus asam sitrat dapat dilihat pada skema berikut:



Gambar 4. Skema Siklus Asam Sitrat
Diadaptasi dari Anna Poedjadi, 2009: 264-274

Skema siklus asam sitrat di atas hanya menggambarkan satu asam piruvat yang digunakan, padahal dalam glikolisis dihasilkan

dua asam piruvat, sehingga hasil dari siklus asam sitrat ini harus dikalikan dua untuk memperoleh hasil sesuai dengan jumlah piruvat yang digunakan. Hasil akhir siklus asam sitrat adalah 8 NADH, 8 H⁺, 2 GTP, 2 FADH₂, 2CO₂, dan 2H₂O.

3) Fosforilasi Oksidatif

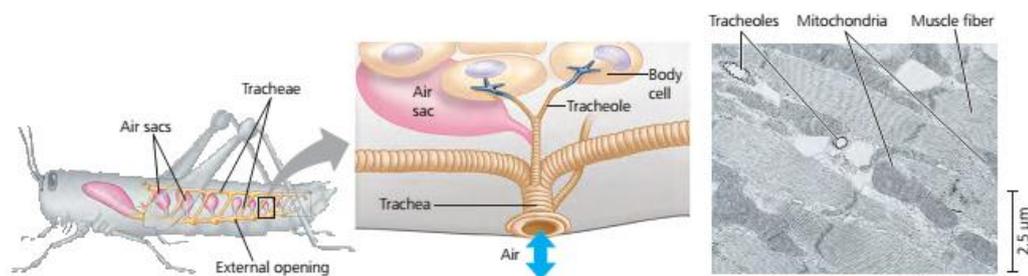
Sebagian besar ATP yang diproduksi dalam respirasi dihasilkan dari fosforilasi oksidatif, ketika NADH dan FADH₂ yang diproduksi dalam siklus asam sitrat meneruskan elektron-elektron yang diekstraksi dari makanan ke rantai transpor elektron. Dalam proses tersebut, NADH dan FADH₂ menyuplai energi yang dibutuhkan untuk fosforilasi ADP menjadi ATP (Campbell dan Reece, 2010: 186).

Berdasarkan ketiga tahap respirasi tersebut, 1 mol glukosa bila diubah menjadi CO₂ dan H₂O dalam respirasi akan menghasilkan 38 ATP.

Pada serangga, organ yang digunakan untuk melakukan respirasi biasa disebut dengan *tracheal system* yang terdiri dari pipa udara yang bercabang ke seluruh tubuh. Pipa terbesar disebut dengan trakea, terhubung dengan permukaan tubuh yang terbuka. Bagian trakea yang membesar membentuk kantung udara, ditemukan dekat dengan organ yang membutuhkan suplai oksigen yang banyak. Cabang terhalus memanjang di dekat permukaan setiap sel, dimana pertukaran udara melalui difusi terjadi melewati epitelium lembab yang melapisi

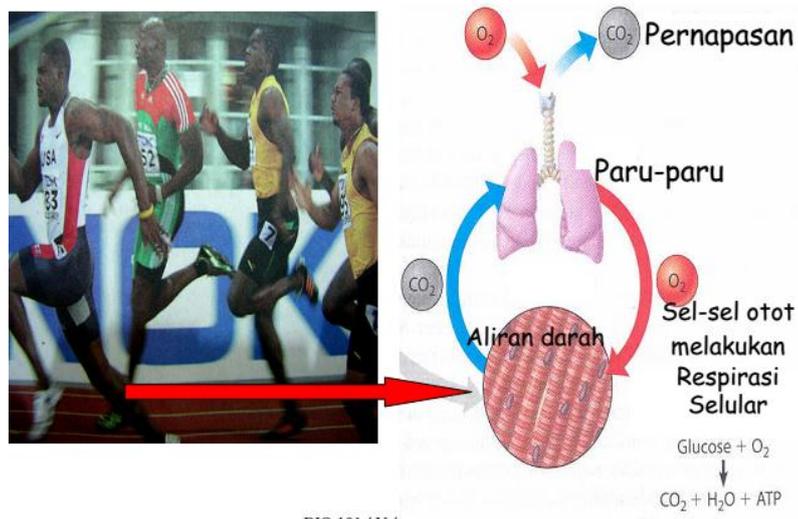
cabang paling ujung dari trakea. Sistem peredaran terbuka tidak berperan dalam transpor O_2 dan CO_2 pada serangga, karena hampir seluruh sel tubuhnya telah mendapatkan suplai udara dari *tracheal system* (Campbell dan Reece, 2011: 917-918).

Pada serangga berukuran kecil, difusi melalui trakea telah mensuplai cukup O_2 dan mengeluarkan cukup CO_2 untuk mendukung respirasi seluler. Serangga yang berukuran besar memenuhi kebutuhan energinya yang lebih besar dengan cara melakukan *ventilating* terhadap sistem trakeanya yaitu melalui memampatkan dan mengembungkan pipa udaranya secara berirama. Contohnya, serangga yang sedang terbang mempunyai laju metabolisme tinggi, membutuhkan O_2 10 hingga 200 kali lebih banyak daripada ketika istirahat. Pada sebagian besar serangga yang sedang terbang, kontraksi dan relaksasi secara bergantian pada *flight muscle* memompa udara dengan cepat melalui sistem trakea. *Flight muscle* disusun dengan mitokondria yang mendukung laju metabolisme tinggi, dan pipa trakea mensuplai organel pembentuk ATP ini dengan O_2 (Campbell dan Reece, 2011: 918).



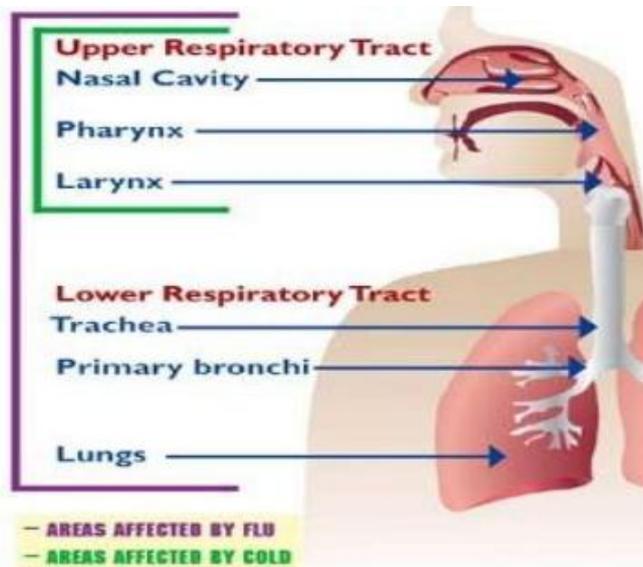
Gambar 5. Sistem respirasi pada serangga
Sumber: Campbell dan Reece, 2011: 918

Respirasi sendiri sering disamakan dengan pernapasan, padahal sebenarnya berbeda. Pernapasan mengacu kepada proses memasukkan udara dari luar tubuh yang mengandung O_2 ke dalam tubuh serta mengeluarkan udara yang mengandung CO_2 sebagai sisa oksidasi ke luar tubuh (Syarifuddin, 1997: 192). Respirasi mengacu kepada proses pembentukan ATP sering juga disebut dengan respirasi seluler atau metabolisme. Akan tetapi, respirasi dan pernapasan ini saling berhubungan, seperti pada gambar berikut.



Gambar 6. Hubungan antara Pernapasan dengan Respirasi
Sumber: Lia Amalia, 2010: 3

Sistem pernapasan pada manusia tersusun atas beberapa organ seperti pada gambar berikut.



Gambar 7. Organ penyusun sistem pernapasan
Sumber: Lia Amalia, 2010: 6

Organ penyusun sistem pernapasan yaitu:

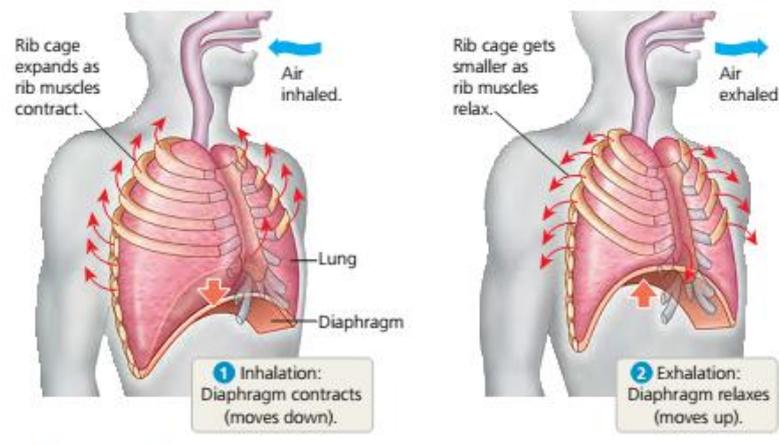
- 1) Rongga hidung, dilapisi selaput lendir mengandung pembuluh darah, bersambung dengan faring dan selaput lendir sinus, serta dilapisi sel epitel berambut dengan sel lendir.
- 2) Faring, biasa disebut dengan tenggorokan, berawal dari dasar tengkorak sampai persambungan dengan esopagus pada ketinggian tulang rawan krikoid, letaknya di belakang laring, dindingnya dikelilingi oleh mukosa dan mengandung otot rangka yang digunakan untuk menelan.
- 3) Trakea, organ berbentuk tabung agak kaku sering disebut dengan batang tenggorokan, terbagi menjadi dua cabang yang lebih kecil yaitu bronkus kiri dan kanan.

- 4) Bronkus, merupakan percabangan teratas dari sistem pengkonduksi udara yang berasal dari bronkus kanan dan kiri, bronkus kanan lebih pendek, lebih lebar, dan berorientasi lebih vertikal dibanding bronkus kiri.
- 5) Bronkiolus, bronkus memasuki hilum tiap paru-paru bersamaan dengan pembuluh darah pulmonar, pembuluh darah limfatik dan saraf.
- 6) Paru-paru, terbagi menjadi paru-paru kanan dan kiri. Paru-paru kanan memiliki 3 lobus, sedangkan paru-paru kiri mempunyai dua lobus. Di paru-paru, bronkiolus bercabang-cabang yang pada ujungnya terdapat alveolus. Alveolus inilah yang menjadi tempat pertukaran O₂ dan CO₂ (Lia Amalia, 2010: 7-27).

Manusia bernapas dengan cara mengubah tekanan udara di dalam paru-parunya terhadap tekanan atmosfer di lingkungan luarnya atau disebut dengan *negative pressure breathing* yang bekerja seperti pompa penyedot yang menarik udara sehingga udara mengalir masuk ke paru-paru. Pernapasan dengan tekanan negatif disebabkan oleh perubahan volume paru-paru dan bukan oleh perubahan volume rongga mulut. Kerja otot mengubah volume rongga dada dan tulang rusuk, kemudian paru-paru menyusul berbuat sama (Campbell dan Reece, 2010: 63).

Pernapasan terjadi dalam dua fase, yaitu:

- 1) Inspirasi atau inhalasi, terjadi bila diafragma dan otot antartulang rusuk berkontraksi yang meningkatkan ukuran dan volume rongga dada. Ketika tekanan udara dalam paru-paru menurun, udara masuk ke paru-paru sampai tekanan udara dalam paru-paru dan atmosfer sama.
- 2) Ekspirasi atau ekshalasi, terjadi ketika otot-otot yang bekerja dalam inspirasi berelaksasi dan paru-paru kembali ke semula. Bila tekanan udara dalam paru-paru melebihi tekanan atmosfer, udara keluar dari paru-paru.



Gambar 8. Proses inhalasi dan ekshalasi
Sumber: Champbell dan Reece, 2010: 921

Frekuensi pernapasan pada manusia dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- 1) Umur, semakin tua umur seseorang maka semakin besar kemungkinan terjadi penurunan fungsi paru (Joko Suyono, 1995: 218). Umur mempengaruhi frekuensi pernapasan dan kapasitas

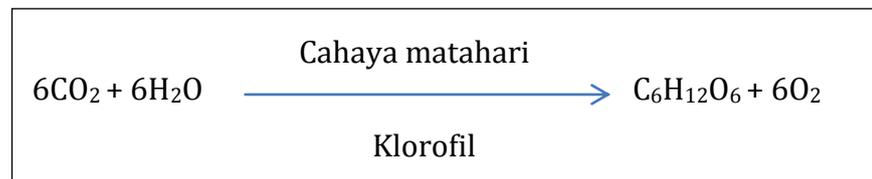
paru-paru dalam keadaan normal. Frekuensi pernapasan pada orang dewasa antara 16-18 kali permenit, pada anak-anak sekitar 24 kali permenit sedangkan pada bayi sekitar 30 kali permenit. Walaupun pada orang dewasa pernapasan frekuensi pernafasan lebih kecil dibandingkan dengan anakanak dan bayi, akan tetapi kapasitas vital paru-paru pada orang dewasa lebih besar dibanding anak-anak dan bayi. (Syaifudin, 1997: 105).

- 2) Jenis kelamin. Volume dan kapasitas seluruh paru-paru pada wanita kira-kira 20 sampai 25 persen lebih kecil daripada pria, dan lebih besar lagi pada atletis dan orang yang bertubuh besar daripada orang yang bertubuh kecil dan astenis (Guyton dan Hall, 1997:605). Kapasitas paru pada pria lebih besar yaitu 4,8 L dibandingkan pada wanita yaitu 3,1 L (Jan Tambayong, 2001:86).
- 3) Aktivitas, aktivitas meningkatkan kebutuhan energi dalam tubuh. Cara paling efisien untuk memenuhi kebutuhan ini dengan menggunakan oksigen untuk memecah glukosa. Tubuh menggunakan satu molekul glukosa dan enam molekul O₂ untuk menghasilkan 36 ATP, sebagai sumber energi. Proses ini juga menghasilkan enam molekul H₂O dan enam molekul CO₂. Untuk mengurangi CO₂ dan mensuplai O₂ dengan cepat agar dapat memenuhi kebutuhan energi ini, frekuensi pernapasan akan meningkat sebanding dengan aktivitas yang dilakukan (Lee, 2010).

c. Fotosintesis

Fotosintesis adalah reaksi pembentukan karbohidrat. Proses fotosintesis terdiri atas reaksi pengubahan energi cahaya matahari menjadi energi kimia dalam bentuk ATP dan NADPH + H⁺, serta reduksi CO₂ menjadi karbohidrat dengan menggunakan ATP dan NADPH + H⁺ tersebut (Wibisono Soerodikoesoemo, 1993: 269).

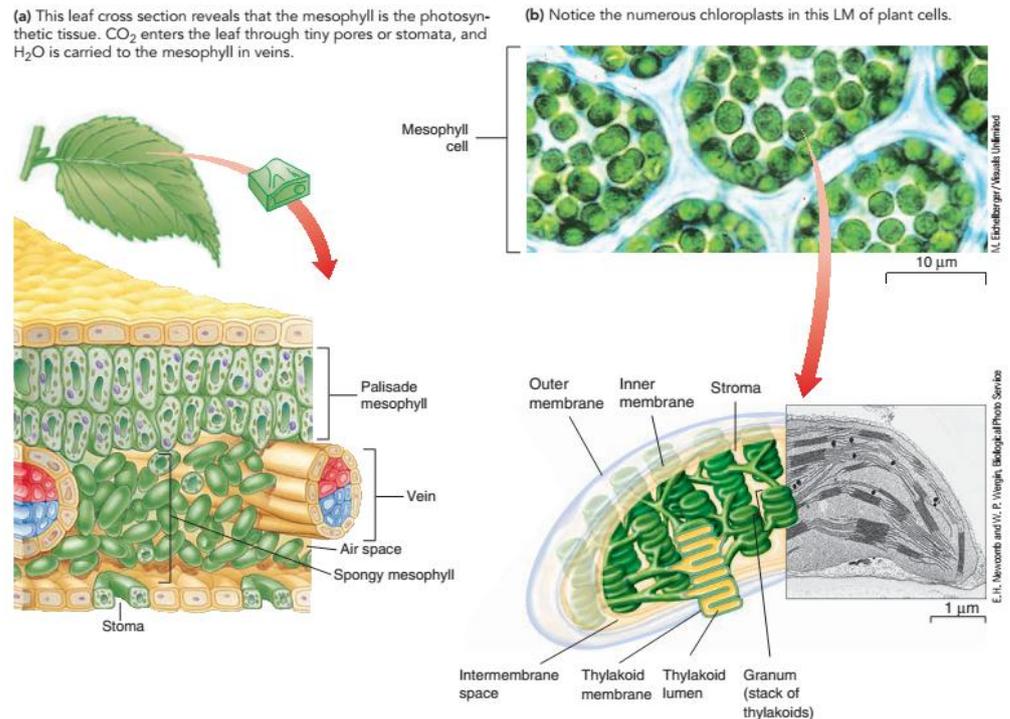
Reaksi fotosintesis secara sederhana dapat dituliskan sebagai berikut:



Namun sebenarnya, reaksi fotosintesis itu bukan merupakan reaksi satu jalur seperti yang dituliskan di atas, karena fotosintesis secara keseluruhan terdiri atas 20 rangkaian reaksi kimia yang saling berkaitan. Secara garis besar, 20 reaksi kimia tersebut dikelompokkan menjadi dua yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Di dalam reaksi terang, cahaya matahari diserap oleh pigmen-pigmen hijau daun (klorofil) dan diubah menjadi energi kimia dalam bentuk ATP serta senyawa pereduksi berupa NADPH + H⁺. Dalam fase ini pula, H₂O mengalami fotolisis menjadi ion hidrogen, oksigen, dan elektron. Sementara dalam reaksi gelap, CO₂ akan diikat oleh senyawa aseptor karbon yaitu Ribulose Bi Fosfat (RuBP) dan kemudian direduksi menjadi karbohidrat dengan elektron dan ion hidrogen yang dibawa

oleh NADPH + H⁺ dan ATP yang dihasilkan dalam reaksi terang. Cahaya matahari tidak berperan langsung dalam reaksi ini (Wibisono Soerodikoesoemo, 1993: 271-272).

Pada tumbuhan tingkat tinggi, keseluruhan reaksi fotosintesis berlangsung di dalam kloroplas yang ditemukan dalam sel mesofil pada daun. Sel mesofil biasanya memiliki sekitar 30 sampai 40 kloroplas, yang masing-masing berukuran sekitar 2-4 µm kali 4-7 µm. Selaput yang terdiri dari dua membran menyelubungi stroma, cairan kental di dalam kloroplas. Suatu sistem rumit yang terdiri dari kantong-kantong bermembran yang saling terhubung disebut dengan tilakoid, memisahkan stroma dengan kompartemen lain, yaitu lumen tilakoid. Di beberapa tempat, kantong-kantong tilakoid bertumpuk membentuk grana. Klorofil berada di dalam membran tilakoid (Campbell dan Reece, 2010: 201-202).



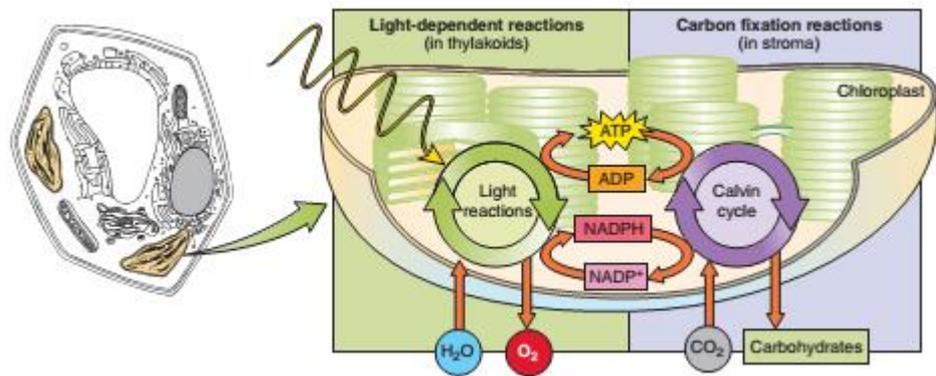
Gambar 9. Lokasi Fotosintesis pada Tumbuhan

Sumber: Solomon, 2008: 194

Membran tilakoid mengandung beberapa pigmen untuk menyerap cahaya. Salah satunya adalah klorofil. Klorofil adalah pigmen fotosintesis utama. Klorofil terdiri dari dua bagian yaitu bagian cincin porphyrin dan bagian rantai hidrokarbon. Cincin porphyrin ini merupakan bagian yang menyerap cahaya, sedangkan rantai hidrokarbon untuk menghubungkan klorofil dengan membran tilakoid. Jenis klorofil yang digunakan dalam fotosintesis adalah klorofil a dan klorofil b (Solomon, 2008: 193).

Fotosintesis terdiri dari dua tahapan yaitu tahapan yang bergantung pada cahaya atau yang disebut reaksi terang (*the light-dependent reaction*) dan tahapan yang tidak bergantung pada cahaya atau yang disebut reaksi gelap (*carbon fixation reaction*). Reaksi

terang terjadi di tilakoid merupakan bagian “foto” dalam fotosintesis, sedangkan reaksi gelap terjadi di stroma merupakan bagian “sintesis” dalam fotosintesis (Solomon, 2008: 193).



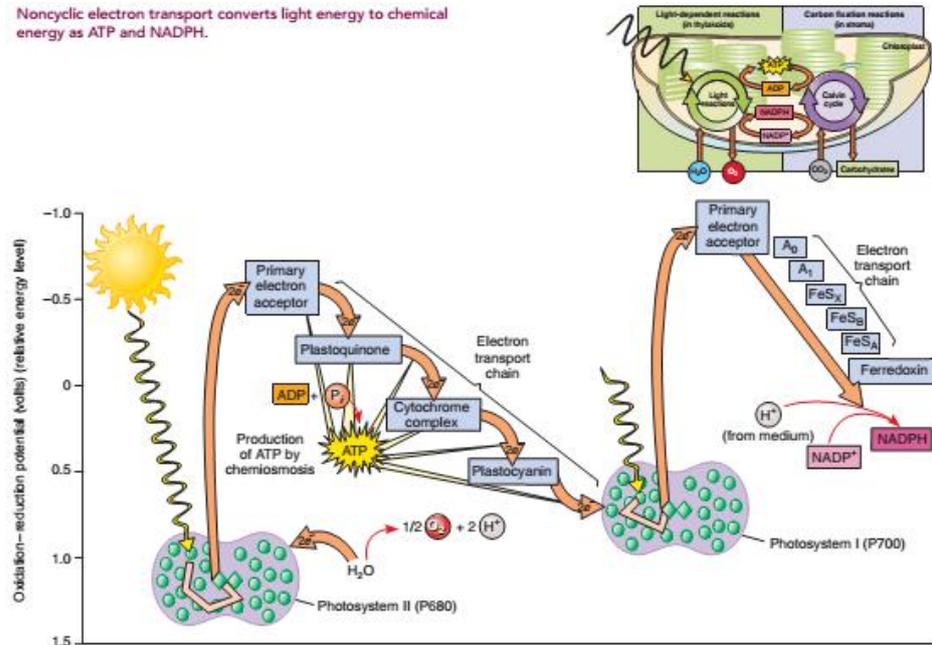
Gambar 10. Gambaran singkat fotosintesis
Sumber: Solomon, 2008: 197

Pada reaksi terang, energi cahaya dari matahari memfosforilasi ADP untuk memproduksi ATP, dan mereduksi NADP⁺ menjadi NADPH. Energi cahaya yang diserap oleh klorofil disimpan dalam dua komponen yaitu pada fotosistem I dan fotosistem II. Reaksi terang dimulai ketika klorofil a atau pigmen lain menyerap cahaya. Berdasarkan model yang diakui, molekul klorofil a dan b serta pigmen lain tersusun dalam ikatan protein pigmen di membran tilakoid ke unit yang dinamakan kompleks antena (*antene complex*). Masing-masing kompleks antena menyerap energi cahaya dan mentransferkan ke pusat reaksi. Pusat reaksi pada fotosistem I tersusun dari sepasang klorofil yang puncak serapan energinya sekitar 700 nm sehingga disebut dengan P700. Pusat reaksi pada fotosistem II tersusun dari sepasang

klorofil yang puncak serapan energinya sekitar 680 nm sehingga disebut dengan P680 (Solomon, 2008: 198).

Reaksi terang secara garis besar menghasilkan ATP dan NADPH melalui transpor elektron non siklik dan siklik. Transpor elektron siklik dimulai ketika pigmen di kompleks antena menyerap foton di fotosistem I. Energi yang terserap kemudian ditransferkan ke molekul pigmen yang lain hingga mencapai pusat reaksi di P700. Elektron ini ditransferkan ke asektor elektron primer kemudian dilanjutkan ke beberapa asektor elektron lain (rantai transfer elektron) hingga mencapai *ferredoxin*. *Feredoxin* mentransferkan elektron ke NADP^+ dengan adanya enzim *ferredoxin-NADP⁺ reductase*. Ketika NADP^+ menerima dua elektron, mereka berikatan dengan proton (H^+) kemudian mereduksi NADP^+ menjadi NADPH yang dikeluarkan di stroma. P700 menjadi bermuatan positif ketika memberikan elektron ke asektor elektron primer. Kekurangan elektron di P700 digantikan melalui donor elektron dari fotosistem II. Fotosistem II menjadi aktif ketika molekul pigmen menyerap foton dari cahaya. Energi ditransferkan ke pusat reaksi yang menyebabkan elektron di P680 berpindah ke asektor elektron primer kemudian melewati rantai transpor elektron hingga didonorkan ke P700 pada fotosistem I. Kekurangan elektron pada fotosistem II diganti melalui fotolisis air yang menghasilkan 2 elektron, 2 H^+ , dan O_2 (Solomon, 2008: 198-199). Hanya fotosistem I yang berperan dalam transpor elektron siklik.

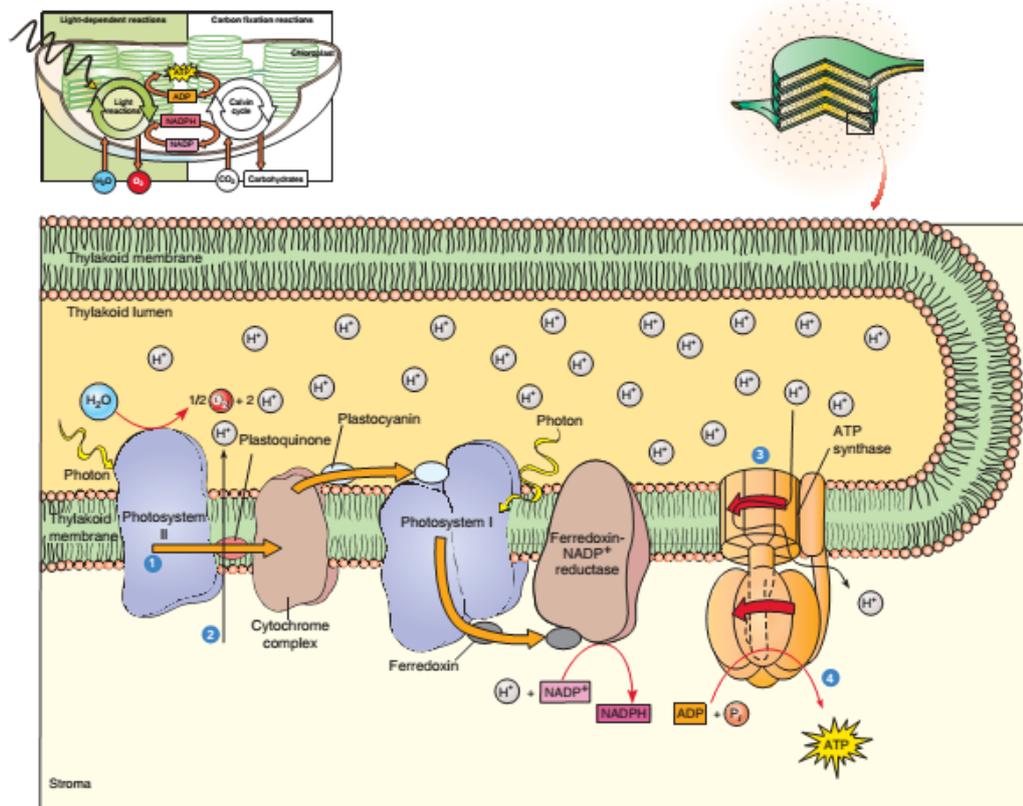
Dikatakan siklik karena energi yang dihasilkan dari P700 kembali lagi ke P700 (Solomon, 2008: 200).



Gambar 11. Transpor elektron non siklik
Sumber: Solomon, 2008: 199

Energi yang dikeluarkan dari elektron berpindah melalui rantai transfer elektron untuk memompa H^+ dari stroma melewati membran tilakoid menuju ke lumen tilakoid. Pemompaan H^+ ini membentuk gradien proton di membran tilakoid. H^+ terakumulasi di lumen tilakoid. Akumulasi ini menyebabkan terjadinya perbedaan konsentrasi H^+ . Umumnya, ketika terjadi perbedaan konsentrasi, akan dilakukan difusi, dalam hal ini, konsentrasi H^+ di tilakoid akan berdifusi keluar tilakoid. Akan tetapi, karena membran tilakoid tidak permeabel terhadap H^+ , sehingga H^+ akan terperangkap di dalam tilakoid, kecuali melalui *channel* yang dibentuk oleh *ATP synthase*. H^+ berdifusi melalui kompleks *ATP synthase* sehingga dapat melakukan proses fosforilasi

ADP menjadi ATP. Setiap 4 H⁺ berpindah melalui *ATP synthase*, terbentuk satu molekul ATP (Solomon, 2008: 200-202).



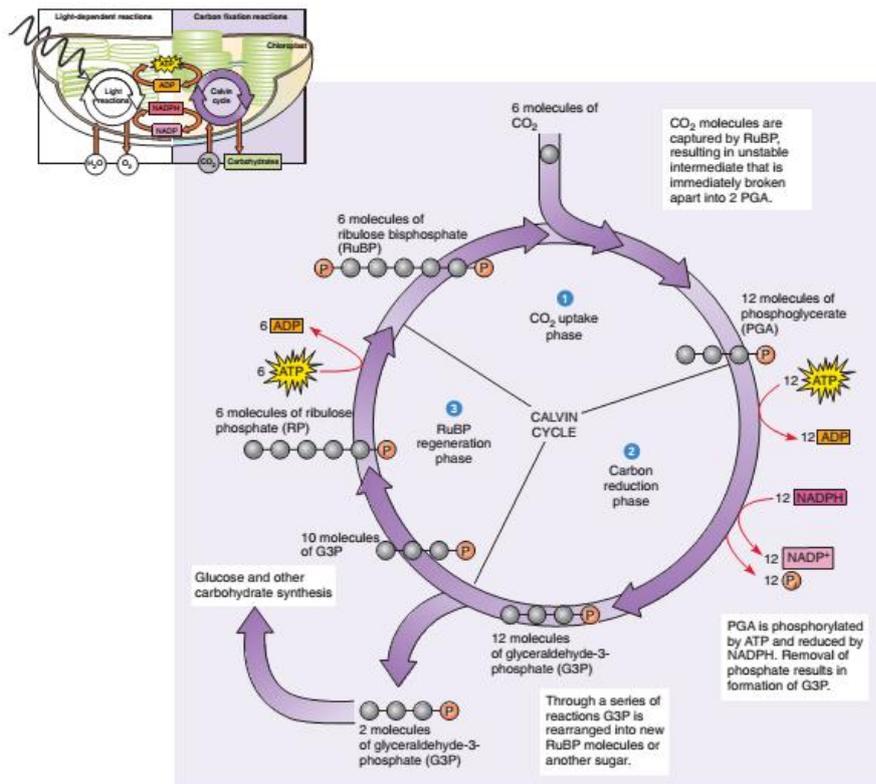
Gambar 12. Transpor elektron
 Sumber: Solomon, 2008: 201

Fiksasi karbon terjadi di stroma melewati 13 rangkaian reaksi yang dikenal dengan siklus Calvin. 13 reaksi dalam siklus Calvin terbagi dalam tiga fase yaitu pemasukan CO₂, reduksi karbon, dan regenerasi RuBP (Solomon, 2008: 202).

- 1) Pemasukan CO₂ atau fiksasi karbon. Siklus Calvin memasukkan CO₂ kemudian direaksikan dengan gula berkarbon lima yang disebut dengan ribulosa bifosfat (disingkat dengan RuBP). Reaksi ini dikatalis dengan enzim RuBP karboksilase atau biasa disebut

dengan rubisco. Reaksi ini menghasilkan intermediet berkarbon enam yang tidak stabil sehingga terpecah menjadi dua molekul PGA dengan 3 atom karbon untuk setiap molekul CO₂.

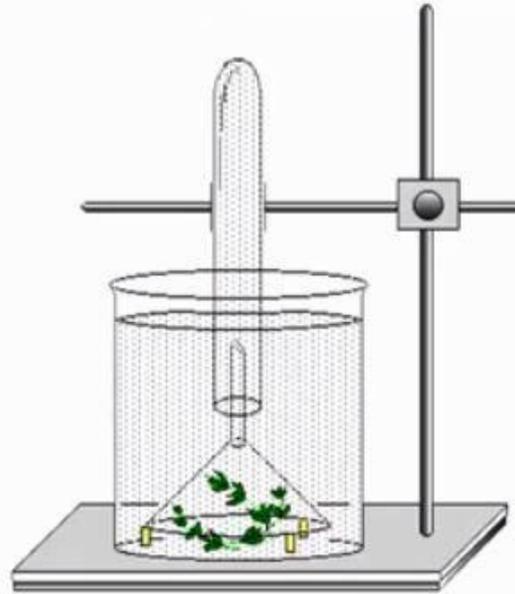
- 2) Reduksi karbon. Pada tahap ini energi dari ATP dan NADPH digunakan untuk mengubah PGA menjadi gliseraldehid-3-fosfat (G3P). Setiap 6 molekul karbon yang masuk ke siklus dalam bentuk CO₂, 6 molekul karbon akan keluar dalam bentuk dua molekul G3P yang digunakan dalam sintesis karbohidrat. Masing-masing molekul G3P merupakan setengah molekul heksosa. Reaksi dari dua molekul G3P termasuk reaksi eksergonik yang mendorong terbentuknya glukosa atau fruktosa.
- 3) Regenerasi RuBP. Keluarnya dua molekul G3P dari siklus, menyisakan 10 molekul G3P di dalam siklus. 30 karbon yang masih ada di dalam siklus membentuk 6 molekul ribulosa fosfat, yang masing-masing molekul di fosforilasi oleh ATP membentuk RuBP. RuBP ini siap untuk menerima CO₂ dan siklusnya berlanjut (Solomon, 2008: 202-204).



Gambar 13. Siklus Calvin
 Sumber: Solomon, 2008: 203

Jan Ingenhouzs (1730-1799) melakukan percobaan dengan meletakkan tanaman air yang berada di *beaker glass* dan melihat bahwa pada daunnya menghasilkan gelembung di bawah paparan sinar matahari. Sementara itu, tanaman yang sama diletakkan di tempat yang gelap, gelembung berhenti terbentuk. Ia juga melihat bahwa daun dan bagian tanaman lain yang mengandung klorofil menghasilkan gelembung. Ia mengumpulkan gas yang terbentuk kemudian melakukan beberapa uji untuk mengetahui jenis gas yang dihasilkan. Ia menemukan bahwa bara pada lilin berubah menjadi api ketika terkena gas ini, hal ini menunjukkan bahwa gas ini adalah oksigen. Ia juga

menemukan bahwa tanaman yang diletakkan pada tempat yang gelap menghasilkan karbondioksida (McCarthy, 2013).



Gambar 14. Desain percobaan Ingenhouzs
Sumber: McCarthy, 2013

Julius von Sachs (1831-1897) menemukan bahwa fotosintesis terjadi di kloroplas. Selain itu, ia juga menemukan bahwa pati ditemukan di kloroplas menggunakan uji Iodine (Vilamor, 2012).



Gambar 15. Percobaan Sachs
Sumber: Anonim, 2010

B. Penelitian yang Relevan

Penelitian yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian tindakan kelas oleh Wulan Maya Pristono prodi Pendidikan IPA Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2011. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa penggunaan model *Problem Based Learning* dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan kerja sama peserta didik dalam dua siklus penelitian. Keterampilan pemecahan masalah pada siklus I sebesar 67,67% dan meningkat menjadi 78,67% pada siklus II.
2. Penelitian tindakan kelas oleh Vina Fitriana prodi Pendidikan IPA Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2015. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa penggunaan model *Problem Based Learning* dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dalam dua siklus. N gain skor keterampilan pemecahan masalah pada siklus I sebesar 0,62 dan meningkat menjadi 0,81 pada siklus II.
3. Penelitian eksperimen oleh Wasiso S. J dan Hartono Program Pasca Sarjana Pendidikan IPA Universitas Negeri Semarang tahun 2013. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa penerapan model *Problem Based Learning* bervisi SETS dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah IPA dan pemahaman kebencanaan oleh peserta didik. Hal ini terbukti dari peningkatan kemampuan memecahkan

masalah IPA pada skor rata-rata marginal kelas eksperimen sebesar 36,20.

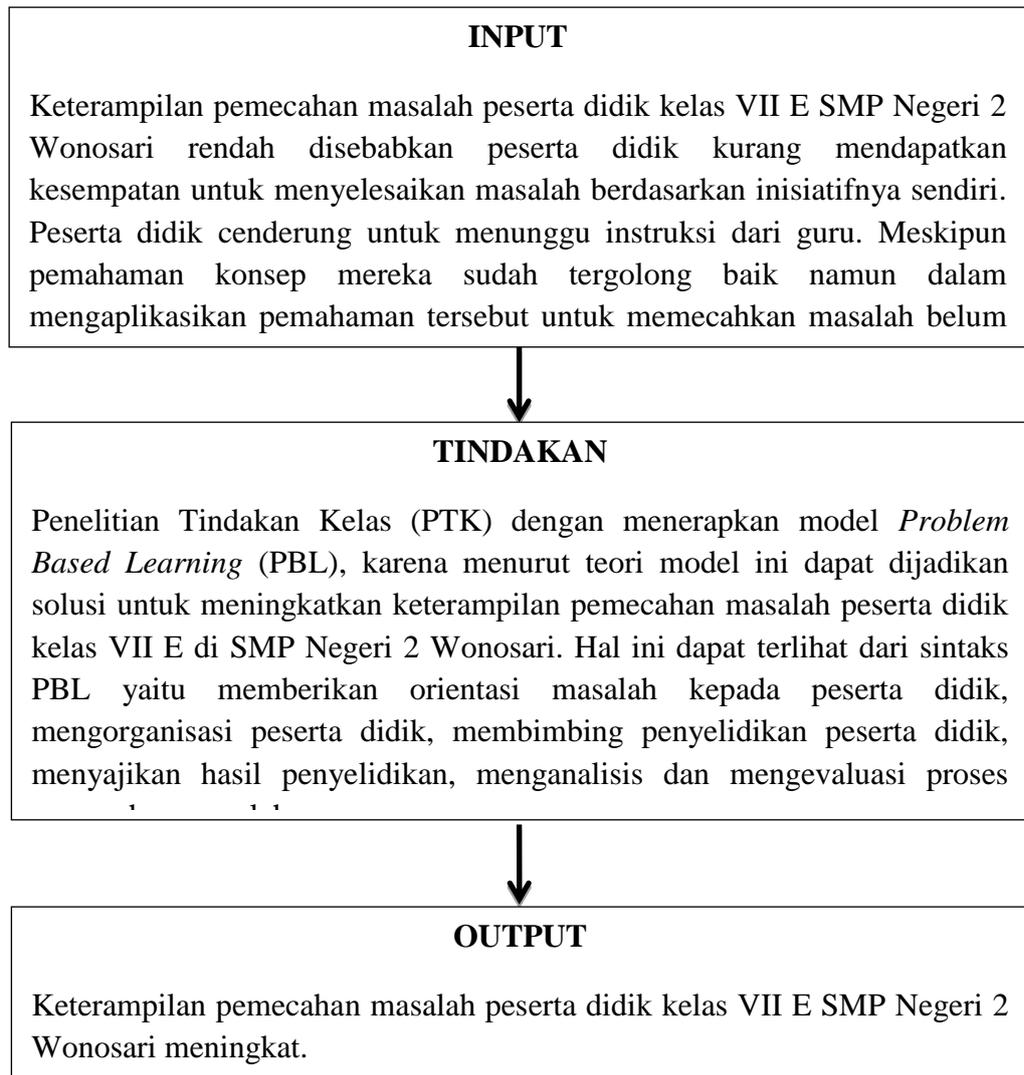
Untuk lebih jelas dan detail, dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian yang Relevan

No	Nama Penulis dan Tahun	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan	
				Penelitian yang Relevan	Penelitian yang dilaksanakan
1.	Wulan Maya Pristiono (2011)	Penggunaan model <i>Problem Based Learning</i> dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan kerja sama peserta didik dalam dua siklus penelitian. Keterampilan pemecahan masalah pada siklus I sebesar 67,67% dan meningkat menjadi 78,67% pada siklus II.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis penelitian tindakan kelas 2. Model yang digunakan <i>Problem Based Learning</i> 3. Upaya meningkatkan keterampilan pemecahan masalah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bertujuan untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan kerja sama peserta didik 2. Tema yang digunakan “Sampah di Sekitar Kita” 3. Kurikulum yang digunakan KTSP 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bertujuan untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah 2. Tema yang digunakan “Energi dalam Sistem Kehidupan” 3. Kurikulum yang digunakan kurikulum 2013
2.	Vina Fitriana (2015)	Penggunaan model <i>Problem Based Learning</i> dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dalam dua siklus. N gain skor keterampilan pemecahan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis penelitian tindakan kelas 2. Model yang digunakan <i>Problem Based Learning</i> 3. Upaya meningkatkan keterampilan pemecahan masalah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tema yang digunakan “Usaha dan Daya Otot Tubuh” dan “Getaran pada Telinga” 2. Kurikulum yang digunakan KTSP 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tema yang digunakan “Energi dalam Sistem Kehidupan” 2. Kurikulum yang digunakan kurikulum 2013

No	Nama Penulis dan Tahun	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan	
				Penelitian yang Relevan	Penelitian yang dilaksanakan
		masalah pada siklus I sebesar 0,62 dan meningkat menjadi 0,81 pada siklus II.			
3.	Wasiso S. J dan Hartono (2013)	Penerapan model <i>Problem Based Learning</i> bervisi SETS dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah IPA dan pemahaman kebencanaan peserta didik. Hal ini terbukti dari peningkatan kemampuan memecahkan masalah IPA pada skor rata-rata marginal kelas eksperimen sebesar 36,20.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model yang digunakan <i>Problem Based Learning</i> 2. Variabel terikatnya keterampilan pemecahan masalah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis penelitian eksperimen 2. Model yang digunakan bervisi SETS 3. Variabel terikatnya keterampilan pemecahan masalah IPA dan pemahaman kebencanaan peserta didik 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis penelitian tindakan kelas

C. Kerangka Berpikir



Gambar 16. Kerangka Berpikir

D. Hipotesis Tindakan

Keterampilan pemecahan masalah peserta didik kelas VII E SMP Negeri 2 Wonosari dapat ditingkatkan dengan menggunakan model pembelajaran berbasis masalah atau PBL.

E. Definisi Operasional

1. Keterampilan Pemecahan Masalah

Keterampilan pemecahan masalah adalah suatu usaha yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan pengetahuan, kemampuan dan pemahaman yang dimiliki. Seseorang dikatakan memiliki keterampilan pemecahan masalah yang baik jika memenuhi kriteria yaitu dapat memahami masalah, dapat merencanakan solusi, dapat memecahkan masalah dan mengevaluasi pemecahan masalah.

2. Model *Problem Based Learning* (PBL)

Problem based Learning (PBL) adalah suatu model pembelajaran yang menggunakan masalah untuk mengembangkan cara berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Sintaks dari model PBL yaitu memberikan orientasi masalah kepada peserta didik, mengorganisasikan peserta didik untuk melakukan penyelidikan, membimbing penyelidikan peserta didik, menyajikan hasil penyelidikan, serta menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.