

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1 Kreativitas

Kreativitas merupakan kemampuan individu menggunakan imajinasi serta berbagai kemungkinan yang didapatkan dari interaksi dengan ide atau gagasan, orang lain dan lingkungan untuk menciptakan koneksi serta hasil yang baru dan bermakna (Bara, 2012). Kreativitas tidak terbatas pada seni rupa, sastra, seni pertunjukan, musik, dan sejenisnya domain artistik, tetapi juga terjadi di bidang-bidang seperti bisnis, manufaktur, teknologi, kedokteran, administrasi, pendidikan, bahkan pertahanan. Produknya meliputi benda-benda berwujud seperti karya seni, buku atau musik, serta bangunan, mesin, atau perangkat, tetapi lebih dari itu untuk mencakup ide, proses, layanan, atau sistem operasi, produksi, dan pengiriman. Kreativitas melibatkan hal-hal ini dengan cara yang simpel dan unik yang efektif mencapai suatu hasil yang diinginkan. Hasilnya dapat berkisar dari tindakan abstrak seperti komunikasi perasaan, kebangkitan kekaguman estetis, provokasi cara baru dalam memandang sesuatu, pengembangan pemahaman baru tentang pengalaman atau keberadaan, untuk hasil konkret seperti pembuatan karya yang sangat indah atau berimajinasi, desain dan konstruksi perbaikan atau perangkat baru, mesin, bangunan atau struktur, proses atau sistem yang ditingkatkan, lebih efisien pengoperasian sesuatu, bahkan peningkatan keuntungan atau pelestarian keamanan nasional (Cropley, 2011).

Kunci kreativitas yaitu kemampuan menilai masalah dari berbagai sudut pandang sehingga menjadi solusi yang baik dalam penyelesaian masalah.

Perbedaan sudut pandang akan menstimulasi berbagai macam ide dan mengembangkan struktur kognitif baru (Bara, 2012). Definisi kreativitas berpegang pada dasar teori sebagai acuan para pakar. Menurut Baron (dalam Ari & Arori, 2006) definisi kreativitas merupakan kemampuan menciptakan sesuatu yang baru.

Menurut Makmur (2015), kreativitas merupakan suatu proses yang mewajibkan keseimbangan dan aplikasi dari tiga aspek esensial yang terdiri dari kecerdasan analisis, kreatif serta praktis. Kreatif dalam kegiatan imajinatif atau pemikiran sintesis yang hasilnya bukan hanya sekedar rangkuman tetapi mencangkup pembentukan pola baru dan gabungan informasi yang diperoleh dari pengalaman sebagai upaya pembentukan korelasi baru dengan tujuan yang ditentukan bukan hanya fantasi semata. Hal ini dapat memungkinkan membentuk produk seni, kesusatraan, produk ilmiah, atau mungkin bersifat prosedural atau metodologis.

Ciri ciri utama kreativitas menurut King (2010) yaitu :

1. Kreativitas melibatkan penggunaan prinsip atau aturan dasar secara konsisten dalam situasi baru,
2. Kreativitas melibatkan penemuan serta pemecahan masalah. Pendekatan inovatif digunakan secara akurat untuk mengevaluasi kekurangan, dan pengambilan tindakan untuk memperbaiki kelemahan tersebut
3. Kreativitas mencakup pemilihan aspek yang relevan dari suatu masalah dan menyatukan berbagai informasi ke dalam sistem yang

mengintegrasikan informasi baru dengan apa yang sudah diketahui seseorang.

4. Kreativitas tidak terlepas dengan berbagai karakteristik lain, seperti kecerdasan, kemampuan akademik ketergantungan, adaptif, dan kemandirian serta dapat berkembang dalam setiap masing-masing karakteristik.
5. Kreativitas membutuhkan kondisi yang sama untuk belajar terutama dalam kemampuan berpikir. Proses pembelajaran ditingkatkan oleh lingkungan yang mendukung serta dapat memburuk bila adanya ketakutan, rasa tidak aman, kurang percaya diri, motivasi ekstrinsik, pengendalian pilihan dan tekanan dari luar.

Dalam diskusi yang relevan, istilah "kreativitas" digunakan dalam tiga cara yang mengacu pada seperangkat proses yaitu pemikiran, sekelompok karakteristik pribadi orang yaitu kepribadian, dan hasil yaitu produk. Ketiga perangkat ini merupakan sama sama berkaitan dengan kreatif. Dengan demikian, kreativitas dianggap sebagai sebab dan akibat (misalnya, proses kreatif menghasilkan produk; kreativitas masyarakat menyebabkan mereka untuk berperilaku dengan cara tertentu) dan juga sebagai akibat (jenis produk tertentu yang dihasilkan dari manusia dan proses). Ini merupakan pendekatan klasik 3P (*Person/orang*, *Process/proses* dan *Product/produk*), yang segera diperluas untuk memasukkan P keempat yaitu "Press" atau tekan (merupakan tekanan lingkungan, yang dapat memfasilitasi atau menghalangi kreativitas) (Crompton, 2011). Dalam diskusi konseptual kreativitas didominasi oleh

penulis humanistik yang melihat nilainya terletak pada persepsinya efek menguntungkan pada pertumbuhan pribadi, aktualisasi diri, dan aspek serupa dari individu kesejahteraan. Hasilnya adalah diskusi tentang aspek praktis kreativitas muncul didominasi oleh pertanyaan tentang mengenali, mengukur, dan mengembangkan pemikiran kreatif dalam kelas, dan tujuan mengembangkan kreativitas dilihat sebagai mempromosikan perkembangan (Cropley, 2011).

2.2 Keterampilan

2.2.1 Defenisi Keterampilan

Kemampuan adalah sesuatu yang dimiliki oleh seseorang sebagai bagian dari anugerah alami sedangkan keterampilan adalah sesuatu yang harus dimiliki oleh seseorang (Breivik, 2016). Menurut Amirullah dan Budiyono (2014:21) mengatakan bahwa keterampilan atau *skill* adalah suatu kemampuan untuk menerjemahkan pengetahuan kedalam praktik sehingga tercapainya tujuan yang diinginkan. Definisi ini menggaris bawahi kriteria objektif dan terkait kinerja untuk tindakan terampil. Keterampilan menurut Bateman dan Snell (2014:10) merupakan sekumpulan praktik yang memiliki tujuan untuk menemukan serta memanfaatkan sumber data intelektual secara penuh dari organisasi dan sepenuhnya mendayagunakan intelektual orang orang dalam organisasi, ini merupakan bagian dari manajemen pengetahuan. Artinya, tingkat keterampilan tertinggi hanya terjadi ketika keterampilan dijalankan secara semi- otomatis tanpa pertimbangan sadar atau representasi mental. Keterampilan digunakan untuk menunjukkan keahlian yang telah

dikembangkan melalui pelatihan dan pengalaman, dan termasuk keterampilan perdagangan dan kerajinan yang diperoleh dengan magang, serta kinerja tingkat tinggi yang ditemukan di banyak domain, seperti praktik profesional, seni, permainan, dan atletik (Breivik, 2016).

Pada abad ke-21 keterampilan sebagai keterampilan *The 4C* yang diidentifikasi oleh *National Education Association* yaitu berpikir kritis (*Critical Thinking*), kreativitas (*Creativity*), komunikasi (*Communication*), dan kolaborasi (*Collaboration*). Keterampilan berpikir kritis yaitu keterampilan untuk melakukan analisis, penilaian, evaluasi, rekonstruksi, dan pengambilan keputusan yang mengarah pada tindakan yang rasional dan logis. Kreativitas merupakan keterampilan yang dibutuhkan dalam upaya atau tindakan untuk menghasilkan solusi dalam suatu masalah untuk menemukan hal baru yang belum ada sebelumnya, serta melibatkan kemampuan untuk menghasilkan ide baru, bervariasi serta unik (King, dkk., 2010).

2.2.2 Dasar-dasar Keterampilan

Menurut Robbins (*dalam* Kapoh, 2016), keterampilan pada dasarnya dikelompokkan menjadi 4 yaitu sebagai berikut :

1. Keterampilan Dasar (*Basic Literacy Skill*)

Keterampilan dasar yaitu keahlian yang sudah pasti dan wajib yang dimiliki oleh semua orang seperti membaca, menulis, mendengar, menghitung dan lain-lain.

2. Keterampilan Teknik(*Technical Skill*)

Keterampilan teknik yaitu keahlian dalam bidang teknik melalui pembelajaran dibidangnya seperti mengoperasikan alat alat digital , salah satu contohnya mengoperasikan komputer.

3. Keterampilan antarpribadi (*Interpersonal Skill*)

Keterampilan interpersonal yaitu kemampuan berinteraksi dengan orang lain seperti menjadi pendengar yang baik, memberikan pendapat, dan mampu bekerja sama dalam tim.

4. Keterampilan Menyelesaikan Masalah (*Problem Solving*)

Keterampilan menyelesaikan masalah yaitu keterampilan yang dalam proses aktivitasnya menggunakan logika dalam menyelesaikan suatu masalah.

Menurut Spencer yang dikutip oleh Sutoto (2004) keterampilan dibedakan menjadi beberapa gugus meliputi:

1. *Concern for Order (CO)*

Merupakan keinginan dalam diri seseorang untuk mengurangi ketidakpastian di lingkungan sekitar khususnya yang berkaitan dengan pengaturan kerja, instruksi serta informasi dan data.

2. *Initiative (INT)*

Initiative (INT) merupakan dorongan bertindak untuk melebihi yang dituntut atau dibutuhkan oleh pekerjaan untuk berinisiatif melakukan sesuatu tanpa diperintah.

3. *Impact and Influence (IMP)*

Impact and Influence (IMP) merupakan tindakan membujuk, meyakinkan, mempengaruhi/mengesankan sehingga orang lain mendukung agendanya.

4. *Information Seeking (INFO)*

Information Seeking (INFO) merupakan upaya untuk mengumpulkan informasi sebanyak banyaknya dengan besarnya usaha tambahan yang dikeluarkan.

2.2.3 Jenis-Jenis Keterampilan

Keterampilan dikelompokkan menjadi beberapa jenis. Menurut Allen yang dikutip oleh Habib dan Firmansyah (2019) ada beberapa jenis keterampilan dasar mengajar sebagai berikut :

1. Keterampilan membuka dan menutup (*Set of Induction and Closure*) , merupakan dua jenis kegiatan berbeda, yang pertama kegiatan membuka dan kedua kegiatan menutup pelajaran.
2. Keterampilan memberikan variasi stimulus (*Stimulus Variation*) yaitu memberikan respon yang bervariasi (berbeda/berganti-ganti). Hal ini bertujuan agar suasana pembelajaran tetap menarik, tidak membosankan, sehingga siswa tetap menunjukkan sikap yang antusias, bergairah, penuh perhatian dan berpartisipasi aktif mengikuti pembelajaran.
3. Keterampilan Bertanya (*Question*) yaitu salah satu unsur yang selalu ada didalam proses komunikasi diantaranya komunikasi pembelajaran.
4. Keterampilan menggunakan isyarat (*Silence and non verbal clue*) merupakan penerapan pembelajaran dari bentuk atau jenis komunikasi

selain lisan dan tulisan. Tujuan dari keterampilan ini adalah untuk memusatkan perhatian dan motivasi belajar siswa.

5. Keterampilan memberikan ilustrasi/ccontoh (*Illustration and use of example*) merupakan bentuk upayah mempermudah siswa menangkap, memahami serta menguasai materi ajar yang diberikan dengan bantuan atau menggunakan contoh atau ilustrasi yang dapat memperjelas bahan ajar dan penjelasan yang disampaikan.
6. Keterampilan memberikan balikan dan penguatan (*Feed back and Reinforcement*) yaitu berbagai bentuk respon dari bagian modifikasi tingkah laku guru,dosen,instruktur maupun widyaiswara terhadap perilaku siswa.

2.3 Keterampilan Proses Sains

Keterampilan proses sains merupakan keseluruhan keterampilan ilmiah yang digunakan untuk menemukan serta mengembangkan suatu konsep, prinsip maupun teori (Sari, 2018). Rahayu dan Anggraeni (2017) berpendapat keterampilan proses adalah keterampilan yang melibatkan keterampilan kognitif atau intelektual , manual dan sosial. Menurut (Nisya, dkk., 2016) keterampilan proses sains yaitu keterampilan intelektual, keterampilan sosial dan keterampilan fisik pada prinsipnya telah ada dalam diri siswa. Pada umumnya keterampilan proses sains yaitu keterampilan yang diperlukan oleh siswa untuk untuk mengembangkan suatu konsep, prinsip dan teori dengan memahami, menguasai ilmu pengetahuan berupa keterampilan mental, fisik maupun sosial.

Aspek keterampilan proses sains dibedakan menjadi beberapa jenis aspek menurut pendapat para ahli. Tabel 2.1 menunjukkan aspek aspek keterampilan sains menurut beberapa ahli.

Tabel 2.1 Aspek Keterampilan Proses Sains Menurut Para Ahli

Nama Ahli	Aspek Keterampilan Proses Sains
Semiawan dkk (1986:17-18)	(1) Mengamati, (2) Menghitung, (3) Mengukur, (4) Mengklasifikasikan, (5) Mencari hubungan ruang/waktu, (6) Berhipotesis, (7) Merencanakan penelitian, (8) Mengendalikan variabel, (9) Menafsirkan data, (10) Menyimpulkan, (11) Meramalkan, (12) Menerapkan, (13) Mengkomunikasikan.
Rustaman (2005:94-96)	(1) Mengamati, (2) Mengelompokkan, (3) Menafsirkan, (4) Meramalkan/ memprediksi, (5) Berhipotesis,

	<p>(6) Merencanakan percobaan,</p> <p>(6) Menggunakan alat/ bahan,</p> <p>(7) Mengajukan pertanyaan,</p> <p>(8) Menerapkan konsep,</p> <p>(9) Berkomunikasi.</p>
<p>Nisya dkk (2016)</p>	<p>Keterampilan dasar terdiri dari:</p> <p>(1) Mengobservasi,</p> <p>(2) Mengklasifikasi,</p> <p>(3) Memprediksi,</p> <p>(4) Mengukur,</p> <p>(5) Menyimpulkan,</p> <p>(6) Mengkomunikasikan.</p>
	<p>Keterampilan terintegrasi terdiri dari:</p> <p>(1) Mengidentifikasi variabel,</p> <p>(2) Membuat tabulasi data,</p> <p>(3) Menyajikan data</p> <p>(4) Menggambarkan hubungan antar variabel,</p> <p>(5) Mengumpulkan dan mengolah data,</p> <p>(6) Menganalisa penelitian,</p> <p>(7) Menyusun hipotesis,</p> <p>(8) Mendefinisikan variabel secara operasional,</p>

	<p>(9) Merancang penelitian dan melaksanakan eksperimen.</p> <p>Keterampilan proses sains dasar lebih tepat digunakan pada jenjang sekolah dasar dan sekolah menengah, sedangkan keterampilan proses terintergrasi lebih tepat digunakan pada sekolah menengah atas dan perguruan tinggi.</p>
--	---

Berdasarkan Penelitian di SMPN 46 Surabaya, peneliti memutuskan untuk menggunakan aspek aspek keterampilan proses sains yang meliputi (1) mengamati, (2) Merencanakan percobaan (3) Menggunakan alat dan bahan (4) Mengukur (5) berkomunikasi. Uraian aspek keterampilan proses sains dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Indikator Keterampilan Proses Sains

Keterampilan Proses Sains	Indikator
Mengamati	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melibatkan semua indera dalam pengamatan 2. Mengumpulkan dan menggunakan fakta yang relevan
Merencanakan Percobaan	<ol style="list-style-type: none"> 3. Menentukan langkah kerta atau apa saja yang akan dilakukan 4. Menentukan alat dan bahan atau sumber yang akan digunakan

Menggunakan alat/bahan	<p>5. Memakai alat/bahan</p> <p>6. Mengetahui alasan mengapa menggunakan alat/bahan</p> <p>7. Mengetahui cara merakit alat/bahan</p>
Berkomunikasi	<p>8. Menjelaskan hasil ujicoba</p> <p>9. Mendiskusikan hasil kegiatan suatu permasalahan</p>

Beberapa alasan perlunya pengembangan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA yaitu : (1) membantu siswa belajar untuk mengembangkan pola pikir, (2) memberi kesempatan/peluang kepada siswa untuk mengembangkan penemuannya, (3) meningkatkan daya ingat, (4) memberikan kebanggaan tersendiri bagi siswa yang telah berhasil melakukan sesuatu, (5) lebih memotivasi siswa untuk belajar (Prasasti, 2017). Hal ini didukung oleh pendapat dari Karamustafaoglu (2011) yang menyatakan bahwa keterampilan proses sains membuat siswa menjadi lebih aktif dan bisa mengembangkan rasa tanggung jawab dalam belajar. Aspek aspek keterampilan proses sains berhubungan dengan pengembangan pembelajaran berbasis proyek. Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan sains melalui kegiatan praktikum.

2.4. Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL)

Proyek merupakan kumpulan aktivitas yang berkaitan antara titik awal dan titik akhir serta hasilnya, membutuhkan berbagai keahlian (*skills*) dari berbagai profesi dan organisasi karena sifatnya lintas fungsi organisasi. Dalam dunia pendidikan, proyek mengikutkan siswa dalam mendesain, memecahkan masalah, mengambil keputusan serta memberikan kesempatan kepada siswa untuk dapat

bekerja dalam waktu yang telah ditentukan untuk menghasilkan suatu produk. Pembelajaran berbasis proyek ini, juga menuntut peserta didik untuk melakukan pengembangan keterampilan seperti kolaborasi dan refleksi. Dalam kamus besar bahasa Indonesia (KBBI), Proyek adalah rencana pekerjaan dengan sasaran khusus dan dengan saat penyelesaian yang tegas. Menurut Stoller (2006) ada tiga jenis proyek berdasarkan sifat dan urutan kegiatannya, yaitu : 1) Proyek terstruktur, artinya di atur dan ditentukan oleh guru, seperti topik, bahan, metodologi dan presentasi. 2) Proyek tidak terstruktur, artinya tidak diatur atau bersifat bebas oleh siswa sendiri. 3) Proyek semi-terstruktur, artinya diatur sebagian oleh guru dan sebagian oleh siswa.

Pembelajaran berbasis proyek adalah penerapan dari pembelajaran aktif, secara sederhana pembelajaran berbasis proyek (PBL) didefinisikan sebagai upaya pengajaran yang mencoba mengaitkan antara teknologi dengan masalah di dalam kehidupan sehari-hari yang akrab dengan siswa ataupun dengan proyek sekolah (Rati, dkk., 2017). Menurut Klein dkk (*dalam* Widyantini, 2014) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek adalah strategi pembelajaran yang pembelajaran yang memberdayakan peserta didik untuk memperoleh pengetahuan dan pemahaman baru berdasar pengalamannya melalui berbagai presentasi. Stoller (2006) mendefinisikan Pembelajaran berbasis proyek sebagai media dalam proses pembelajaran untuk mencapai kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan. Penekanan pembelajaran yang dimaksud terletak pada aktivitas siswa untuk menghasilkan suatu produk dengan menerapkan keterampilan meneliti, menganalisis, membuat hingga mempresentasikan produk pembelajaran.

Bentuk aktifitas proyek terdiri dari proyek produksi, proyek kinerja dan proyek organisasi. Selain bentuk aktivitas proyek, ada dua jenis proyek yaitu : 1) proyek skala kecil atau proyek sederhana yang hanya menghabiskan dua atau tiga kali pertemuan dan hanya dilakukan dalam lingkungan kelas, 2) proyek skala penuh, yang membutuhkan kegiatan yang rumit diluar kelas untuk menyelesaikannya dengan jangka waktu yang lama. Menurut Al-Tabany (2014), Pembelajaran berbasis proyek memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Siswa membuat keputusan tentang sebuah kerangka kerja
2. Adanya permasalahan atau tantangan yang diajukan kepada siswa
3. Siswa atau peserta didik mendesain proses untuk menentukan solusi atas permasalahan atau tantangan yang diajukan.
4. Siswa bertanggungjawab untuk mendapatkan dan mengelola informasi yang telah dikumpulkan untuk memecahkan masalah.
5. Hasil akhir produk aktivitas belajar akan dievaluasi kualitasnya.
6. Bentuk kesalahan akan mendapatkan toleransi untuk perubahan atau perbaikan.

Ada beberapa langkah yang dapat dilakukan dalam kegiatan pembelajaran berbasis proyek, yaitu sebagai berikut :

a. Tahap perencanaan

Dalam kegiatan belajar mengajar tahap perencanaan merupakan tahap yang penting karena pada tahap ini kualitas dari hasil pembelajaran sangat dipengaruhi.

b. Tahap pelaksanaan

Setelah tahap perencanaan, tahap selanjutnya yaitu tahap pelaksanaan proyek. Ada tiga persiapan dalam melakukan proyek sehingga pelaksanaannya berjalan baik sesuai dengan apa yang direncanakan dan mencapai tujuan yang telah disepakati. Tiga hal tersebut, yakni penjelasan tugas proyek, pembagian kelompok dan eksekusi proyek(pengerjaan).

c. Tahap Evaluasi

Tahap selanjutnya yaitu tahap evaluasi , yaitu tahap yang dilakukan oleh seorang guru, tujuan tahap ini adalah untuk mengukur pencapaian dari tujuan pembelajaran berbasis proyek. Kemajuan dan kelemahan siswa dapat diketahui secara lengkap dengan kegiatan evaluasi, sehingga revisi dan perbaikan perangkat pembelajaran dapat dilakukan secara tepat.

Tabel 2.3 Sintak model pembelajaran berbasis proyek (Sumber: Maudi, 2016)

Langkah Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Menentukan pertanyaan dasar	1. Guru menyampaikan topik kegiatan dan mengajukan beberapa pertanyaan dasar seputar pengalaman belajar siswa untuk menggali pengetahuan yang telah dikuasai siswa bertujuan mendorong siswa untuk menugaskan suatu kegiatan.
Pendesainan proyek	2. Peserta didik dibagi menjadi 4-5 orang kedalam satu kelompok oleh guru. 3. Berdasarkan jumlah kelompok akan dibagi menjadi 3 kelompok siswa membuat alat respirometer dan 3 kelompok lainnya membuat spirometer.

perencanaan	<p>4. Setiap kelompok menentukan ketuanya, dan guru menjelaskan tugas masing masing anggota kelompok serta pembagian lembar kerja proyek kepada setiap kelompok.</p> <p>5. Aturan dalam penyelesaian proyek akan disepakati bersama oleh guru dan peserta didik misalnya: waktu perencanaan maksimum, lokasi pelaksanaan proyek, ketersediaan alat dan bahan untuk membantu penyelesaian proyek, serta proyek yang akan dilaporkan.</p>
Menyusun Jadwal	<p>6. Siswa menyusun jadwal penyelesaian pelaksanaan proyek sesuai dengan batas waktu yang telah disepakati bersama</p>
Memonitoring kegiatan peserta didik dan perkembangan proyek	<p>6. Siswa merealisasikan pembuatan proyek, mencatat setiap tahap kegiatan dan mendiskusikan masalah yang muncul selama penyelesaian proyek bersama guru</p> <p>7. Guru memantau realisasi perkembangan kegiatan siswa selama pelaksanaan proyek dan membantu siswa jika mengalami kesulitan.</p>
Pengujian Hasil	<p>8. Hasil proyek dipresentasikan oleh siswa dengan mendemonstrasikan alat, presentasi produk disajikan dengan tujuan untuk mengetahui tanggapan dari guru dan kelompok lain.</p>
Evaluasi Pengalaman Belajar	<p>9. Aktivitas yang telah dilakukan direfleksi oleh siswa dan guru untuk menyimpulkan hasil proyek</p>

2.4.1 Keuntungan dan Kelemahan Model Pembelajaran Berbasis Proyek

1. Keuntungan Model Pembelajaran Berbasis Proyek

Adapun keuntungan model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) yang dikemukakan oleh Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan dalam Abidin (2014:171) sebagai berikut:

1. Meningkatkan motivasi belajar siswa dengan mendorong kemampuan siswa untuk melakukan pekerjaan penting.
2. Meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah
3. Membuat siswa menjadi lebih aktif dan berhasil memecahkan masalah yang kompleks.
4. Meningkatkan kolaborasi
5. Mendorong siswa untuk terampil berkromunikasi
6. Meningkatkan keterampilan siswa dalam mengelola sumber
7. Memberikan pengalaman kepada siswa berupa pembelajaran dan praktik dalam mengorganisasi proyek.
8. Menyediakan pengalaman belajar yang melibatkan siswa secara kompleks.
9. Melibatkan siswa untuk belajar mengambil informasi dan menunjukkan pengetahuan yang dimiliki untuk diterapkan di dunia nyata.
10. Membuat suasana belajar lebih menyenangkan

2. Kelemahan Model Pembelajaran Berbasis Proyek

Selain kelebihan, pembelajaran berbasis proyek juga memiliki kelemahan. Menurut Sani dalam bukunya yang berjudul *Pembelajaran Sainifik untuk Implementasi Kurikulum 2013*, kelemahan model pembelajaran ini adalah :

1. Memerlukan banyak waktu untuk menyelesaikan masalah dan menghasilkan produk
2. Memerlukan biaya yang cukup besar
3. Memerlukan guru yang terampil dan mau untuk belajar
4. Memerlukan fasilitas, peralatan, serta bahan yang memadai
5. Tidak sesuai bagi siswa yang mudah menyerah dan tidak memiliki pengetahuan serta keterampilan yang dibutuhkan
6. Kesulitan untuk melibatkan semua siswa untuk bekerja dalam kelompok.

2.5 Respirometer

Respirometer atau respirometri umumnya didefinisikan sebagai pengukuran dan interpretasi laju respirasi. Respirometri selalu melibatkan beberapa teknik untuk menilai tingkat di mana biomassa mengambil akseptor elektron seperti oksigen (O_2) dan nitrat (NO_3^-) dari cairan atau menghasilkan bentuk tereduksi (seperti CH_4). Untuk akseptor elektron seperti oksigen (O_2) dan nitrat (NO_3^-) ini umumnya didasarkan pada pengukuran konsentrasi akseptor elektron dalam fase cair dan menyelesaikan keseimbangan massanya untuk mendapatkan laju respirasi. Jika konsumsi oksigen diukur dan fase gas hadir, kita harus mempertimbangkan keseimbangan massa oksigen dalam fase gas juga.

Demikian pula, jika mengukur laju produksi metana, keseimbangan massa metana dalam fase cair dan fase gas harus dipertimbangkan. Respirometer bisa dibuat dari barang barang sederhana seperti botol bekas yang dioperasikan secara manual hingga alat respirometer moderen yang dilengkapi dengan sensor hingga instrument rumit yang beroperasi sepenuhnya secara otomatis (Spanjers & Vanrolleghem, 2016). Standar respirometer disajikan dalam gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Respirometer

Dalam beberapa kasus, bioreaktor dari instalasi pengolahan itu sendiri dapat berfungsi sebagai respirometer. Pengoperasian semua respirometer melibatkan beberapa teknik untuk menilai tingkat di mana biomassa mengambil komponen dari cairan atau menghasilkan komponen . Banyak teknik telah dikembangkan di masa lalu. Namun, Spanjers dkk (2016) menemukan bahwa semua teknik pengukuran laju respirasi dapat diklasifikasikan menjadi hanya delapan prinsip dasar menurut dua kriteria: (1) fase di mana konsentrasi diukur (gas atau cair, G dan L, masing- masing) dan (2) ada atau tidaknya input dan output cairan dan gas (mengalir atau statis, F dan S, masing-masing).

Pengoperasian semua respirometer yang ada dalam fase cair yang memasuki sistem (mg L^{-1}), $k_L a$ adalah koefisien perpindahan massa oksigen.

2.6 Spirometer

Spirometri yaitu suatu metode pemeriksaan yang menilai fungsi dari integritas mekanik paru paru, dinding dada dan otot-otot pernapasan dengan cara mengukur jumlah volume udara yang dihembuskan dari kapasitas paru total (TLC) ke volume residu, dalam tindakan ini memerlukan alat berupa spirometer sebagai pengukur kapasitas volume udara (ZN, dkk., 2014). Berikut gambar standar spirometer :



Gambar 2.2 Spirometer

Fungsi uji faal paru pada dasarnya dilakukan untuk mengetahui apakah pernapasan seseorang dapat mengatasi resistensi elastik dan resistensi non elastik, sehingga menghasilkan fungsi ventilasi yang optimal. Ventilasi paru merupakan keluar masuknya udara antara atmosfer dan alveoli paru. Pergerakan udara keluar dan masuk disebabkan oleh :

1. Tekanan Pleura : yaitu tekanan cairan antara pleura paru dan pleura dinding dada dalam ruangan sempit. Normalnya tekanan Pleura berkisar $-5 \text{ cm H}_2\text{O}$, merupakan nilai isap yang dibutuhkan paru untuk mempertahankan agar tetap terbuka sampai nilai istirahatnya. Selama proses inspirasi normal tekanan menjadi lebih negatif sekitar $-7,5 \text{ cm H}_2\text{O}$.
2. Tekanan Alveolus : yaitu tekanan udara bagian dalam alveoli paru. Pada saat glotis terbuka dan tidak ada udara yang keluar masuk kedalam paru paru maka semua tekanan pada jalan nafas sampai alveoli sama dengan tekanan atmosfer/tekanan acuan 0 dalam jalan nafas yaitu tekanan $0 \text{ cm H}_2\text{O}$. Supaya udara dapat masuk, tekanan alveoli harus sedikit dibawah tekanan atmosfer berkisar $-1 \text{ cm H}_2\text{O}$, tekanan yang sedikit ini dapat menarik $0,5$ liter udara menuju paru paru dalam waktu 2 detik.
3. Tekanan Transpulmonal : yaitu perbedaan antara alveoli atau alveolar dan tekanan intrapleural atau tekanan pada luar permukaan paru dan merupakan nilai daya elastis dalam paru yang cenderung kempis pada saat pernapasan, disebut tekanan daya lenting paru.

Resistensi elastik diperoleh dari sifat elastis paru yaitu tegangan permukaan cairan yang membatasi alveolus dan serabut elastis yang terdapat diseluruh paru, dan rongga dada yaitu dengan kemampuan meregang otot, tendon dan jaringan ikat. Sedangkan, resistensi nonelastik diperoleh dalam jumlah yang kecil dan juga disebabkan oleh viskositas jaringan paru dari tahanan gesekan terhadap aliran udara dalam saluran pernapasan (ZN, dkk., 2014). Adapun parameter yang digunakan untuk penilaian kemampuan kerja pernapasan untuk

mengatasi resistensi elastik dan resistensi non elastik yaitu volume paru, baik volume statis (merujuk pada kemampuan kerja respirasi mengatasi resistensi elastik) , volume statis terdiri dari volume tidal, volume cadangan inspirasi (IRV), volume cadangan ekspirasi (ERV), volume residu (RV), kapasitas paru total (TLC), kapasitas vital, kapasitas inspirasi, kapasitas residu fungsional. Volume dinamis (mengukur kecepatan aliran udara di dalam saluran pernapasan atau respirasi dibandingkan dengan fungsi waktu yang digunakan dalam menilai daya kinerja kerja pernapasan mengatasi resistensi nonelastik (ZN dkk, 2014).