

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Model *Problem Based Learning* (PBL)

1. Pengertian *Problem Based Learning* (PBL)

Model *Problem Based Learning* (PBL) dikembangkan untuk pertama kali oleh Howard Barrows pada awal tahun 1970-an di fakultas kedokteran McMaster University (Amir, 2009). Model *Problem Based Learning* (PBL) merupakan suatu model pembelajaran yang didasarkan pada suatu permasalahan yang membutuhkan penyelidikan otentik yaitu penyelidikan yang membutuhkan penyelesaian yang nyata dari permasalahan yang nyata. Dari berbagai macam permasalahan nyata yang ada, jika diselesaikan secara nyata memungkinkan siswa memahami konsep bukan sekedar menghafal konsep. Dewey (Trianto, 2007) menyatakan bahwa PBL adalah interaksi antara stimulus dengan respons, merupakan hubungan antara dua arah belajar dan lingkungan. Lingkungan memberi masukan kepada siswa berupa bantuan dan masalah, sedangkan sistem saraf otak berfungsi menafsirkan bantuan itu secara efektif sehingga masalah yang dihadapi dapat diselidiki, dinilai, dianalisis serta dicari solusinya dengan baik. Pengalaman siswa yang diperoleh dari lingkungan akan dijadikan bahan dan materi guna memperoleh pemahaman serta tujuan belajarnya.

Dalam PBL, siswa memiliki peran sebagai *problem-solvers* sedangkan guru sebagai tutor atau fasilitator. Tujuan utama dari PBL adalah menciptakan pembelajaran untuk memiliki kemampuan dan bukan pembelajaran untuk mendapatkan pengetahuan. PBL juga memberikan tantangan bagi siswa untuk

mencari solusi dari permasalahan dunia nyata secara individu maupun kelompok. Dutch (Amir, 2009) menjelaskan bahwa PBL adalah model instruksional yang menantang siswa agar belajar untuk belajar, bekerja sama dalam kelompok untuk mencari solusi bagi masalah yang nyata.

Pada model PBL, siswa diberi kesempatan untuk bertanggung jawab pada proses pembelajaran mandiri sekaligus mengembangkan pemikiran kritis dan keterampilan evaluasi melalui analisa permasalahan kehidupan nyata. Dengan begitu, siswa dapat mengembangkan keterampilan menjadi pembelajar mandiri. Menurut Smith (Amir, 2009) mengungkapkan bahwa manfaat PBL yaitu siswa akan meningkatkan kecakapan dalam memecahkan masalahnya, lebih mudah mengingat, meningkat pemahamannya, meningkat pengetahuannya yang relevan dengan dunia praktik, mendorong mereka penuh pemikiran, membangun kemampuan kepemimpinan dan kerja sama, mendorong kecakapan belajar, dan memotivasi belajar siswa.

Aspek yang terpenting dalam PBL adalah bahwa pembelajaran dimulai dengan permasalahan yang akan menentukan arah pembelajaran. Duch (1995) mengemukakan bahwa: *in problem based learning (PBL), students are presented with an interesting, relevant problem "up front". So that they can experience for them selves the process of doing science.* Dengan membuat permasalahan sebagai acuan pembelajaran, para siswa didorong untuk mencari informasi yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Pembelajaran seperti itu merupakan pembelajaran seumur hidup karena keterampilan yang diperoleh dapat ditransfer kesejumlah topik pembelajaran yang lain jika masalahnya serupa, baik

di dalam maupun di luar sekolah. Oleh karena itu, perancangan permasalahan perlu dilakukan dengan sangat hati-hati untuk meyakinkan bahwa sebagian besar tujuan kurikulum dapat tercapai.

2. Karakteristik *Problem Based Learning* (PBL)

Abbas (Saepuzaman, 2008) menyebutkan bahwa ciri yang paling utama dari PBL yaitu dimunculkannya masalah pada awal pembelajarannya. Selain itu, PBL mengutamakan proses belajar, dimana tugas guru harus memfokuskan diri untuk membantu peserta didik mengembangkan keterampilan dan kecakapan berpikir dalam mempelajari dan menyerap materi pembelajaran. Dengan demikian model pembelajaran ini dapat digunakan untuk melatih dan mengembangkan berbagai keterampilan dan kecakapan sains tingkat tinggi, serta meningkatkan pencapaian hasil belajar.

Sementara itu, Akinoglu & Tandagon (Nurhasanah, 2007) mengemukakan enam karakteristik yang perlu diperhatikan dalam pembelajaran berbasis masalah. *Pertama*, proses belajar harus dimulai dengan suatu masalah, terutama masalah yang belum terpecahkan. *Kedua*, isi dari suatu permasalahan merupakan isu-isu yang menarik perhatian siswa. *Ketiga*, guru hanya sebagai fasilitator dalam kelas. *Keempat*, siswa harus diberi waktu untuk berpikir atau mengumpulkan informasi dan menyusun strategi pemecahan masalah, dalam proses ini pemikiran-pemikiran yang kreatif harus didukung. *Kelima*, tingkat kesukaran dari masalah yang akan dipecahkan tidak terlalu sulit sehingga bisa menakuti siswa. *Keenam*, kenyamanan dan keamanan lingkungan pembelajaran harus diciptakan untuk mengembangkan keterampilan-keterampilan berpikir siswa dalam memecahkan masalah.

PBL mengutamakan proses belajar, dimana tugas guru harus memfokuskan diri untuk membantu peserta didik mengembangkan keterampilan dan kecakapan berpikir dalam mempelajari dan menyerap materi pembelajaran. Dengan demikian PBL dapat digunakan untuk melatih dan mengembangkan berbagai keterampilan dan kecakapan sains tingkat tinggi, serta meningkatkan pencapaian hasil belajar.

Sama halnya dengan yang dikemukakan oleh Duch (Saepuzaman, 2008) yang menyatakan bahwa beberapa kemampuan yang dapat dilatihkan dengan PBL adalah :

- a. Berpikir kritis, menganalisis dan mampu memecahkan masalah dunia nyata.
- b. Mencari, mengevaluasi, dan menggunakan sumber belajar secara tepat.
- c. Kerja sama dalam kelompok (tim).
- d. Cakap dalam menyajikan dan berkomunikasi secara efektif, baik secara lisan maupun tulisan.
- e. Menggunakan pengetahuan dan kecakapan intelektual yang diperoleh untuk terus belajar.

3. Tahap-Tahap dalam *Problem Based Learning* (PBL)

Problem Based Learning biasanya terdiri dari lima tahapan utama yang dimulai dari guru memperkenalkan siswa dengan suatu situasi masalah dan diakhiri dengan penyajian dan analisis hasil kerja siswa. Secara singkat kelima tahapan pembelajaran PBL adalah seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tahap-Tahap dalam *Problem Based Learning* (PBL)

Tahap	Kegiatan Guru
Tahap 1 Orientasi siswa pada masalah	Guru menjelaskan tujuan pembelajaran, menjelaskan logistik yang dibutuhkan, memotivasi siswa terlibat pada aktivitas pemecahan masalah yang dipilihnya. Guru mendiskusikan rubrik asesmen yang akan digunakan dalam menilai kegiatan/hasil karya siswa
Tahap 2 Mengorganisasikan siswa untuk belajar	Guru membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah tersebut.
Tahap 3 Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok	Guru mendorong siswa untuk mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah.
Tahap 4 Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Guru membantu siswa dalam merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai seperti laporan, video, dan model dan membantu mereka untuk berbagi tugas dengan temannya.
Tahap 5 Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru membantu siswa untuk melakukan refleksi atau evaluasi terhadap penyelidikan mereka dan proses-proses yang mereka gunakan

Sumber: Ibrahim dan Nur (Trianto, 2007)

4. Teori-Teori Belajar yang Melandasi *Problem Based Learning* (PBL)

Teori belajar pada dasarnya merupakan penjelasan mengenai bagaimana informasi diproses di dalam pikiran siswa itu. Model PBL dilandasi oleh teori belajar konstruktivisme dan teori perkembangan kognitif Piaget.

a. Teori Belajar Konstruktivisme

Teori konstruktivisme ini menyatakan bahwa siswa harus menemukan sendiri dan mentransformasikan informasi kompleks, mengecek informasi baru dengan aturan-aturan lama dan merevisinya apabila aturan-aturan itu tidak lagi sesuai (Trianto,2007). Menurut teori konstruktivis ini, satu prinsip yang paling penting dalam psikologi pendidikan adalah bahwa guru tidak hanya sekedar memberikan

pengetahuan kepada siswa. Siswa harus membangun sendiri pengetahuan dalam dirinya. Guru dapat memberikan kemudahan pada siswa dengan memberi kesempatan siswa untuk menemukan atau menerapkan ide-ide mereka sendiri. Wulandari (2008) menjelaskan bahwa para guru yang mengikuti paham konstruktivis pada umumnya,

- 1) Mengemas pembelajaran dengan masalah-masalah yang diajukan untuk para siswa mereka. Masalah tersebut haruslah nyata, bermakna, dan sesuai dengan usia perkembangan usia siswa.
- 2) Menggunakan sudut pandang (*perspective*) siswa untuk menginterpretasikan respon dan solusi yang siswa ajukan, yakni dengan memperhatikan variabel-variabel penting seperti tingkatan kognitif (*cognitive level*), pengalaman-pengalaman di rumah dan motivasi.
- 3) Mengetahui bahwa jawaban/respon siswa menggambarkan tingkat pemahaman siswa.
- 4) Menerima konflik dan kebingungan siswa pada awal pencarian makna dari suatu konsep atau prinsip.

b. Teori Perkembangan Kognitif

Perkembangan kognitif sebagian besar ditentukan oleh manipulasi dan interaksi aktif anak dengan lingkungan. Pengetahuan datang dari tindakan. Piaget yakin bahwa pengalaman-pengalaman fisik dan manipulasi lingkungan penting bagi terjadinya perubahan perkembangan. Sementara itu, Nur (Trianto, 2007) mengungkapkan bahwa interaksi sosial dengan teman sebaya, khususnya

berargumentasi dan berdiskusi membantu memperjelas pemikiran yang pada akhirnya membuat pemikiran itu menjadi logis.

Teori perkembangan Piaget menganggap bahwa perkembangan kognitif sebagai suatu proses dimana anak secara aktif membangun sistem makna dan pemahaman realitas melalui pengalaman-pengalaman dan interaksi-interaksi mereka.

B. Penguasaan Konsep

Belajar konsep merupakan hasil utama pendidikan. Menurut Rosser (Dahar 1989) menjelaskan bahwa konsep adalah suatu abstraksi yang mewakili satu kelas objek-objek, kejadian-kejadian, kegiatan-kegiatan, atau hubungan-hubungan, yang mempunyai atribut-atribut yang sama. Oleh karena orang mengalami stimulus-stimulus yang berbeda, orang membentuk konsep sesuai dengan pengelompokkan stimulus-stimulus dengan cara tertentu. Karena konsep-konsep itu adalah abstraksi-abstraksi yang berdasarkan pengalaman, dan karena tidak mungkin ada dua orang yang mempunyai pengalaman yang persis sama, maka konsep-konsep yang dibentuk mungkin berbeda juga.

Konsep-konsep merupakan batu pembangun (*building block*) berpikir. Konsep-konsep merupakan dasar bagi proses-proses mental yang lebih tinggi untuk merumuskan prinsip-prinsip dan generalisasi. Untuk memecahkan masalah, seorang siswa harus mengetahui aturan-aturan yang relevan, dan aturan-aturan ini didasarkan pada konsep-konsep yang diperolehnya (Dahar, 1989).

Penguasaan berasal dari kata kuasa yang berarti kemampuan atau kesanggupan (untuk berbuat sesuatu), sedangkan definisi penguasaan adalah

perbuatan menguasai atau menguasai. Menurut struktur kognitif yang dikemukakan Bloom (Mahjardi dalam Saepuzaman, 2008) penguasaan adalah kemampuan mengungkap pengertian-pengertian, seperti mampu mengungkap suatu materi yang disajikan kedalam bentuk yang dapat dimengerti dan mampu memberikan interpretasi serta mengklasifikasikannya.

Menurut Anderson dan Krathwohl (Nurhasanah, 2007) menjelaskan bahwa penguasaan konsep didefinisikan sebagai tingkatan dimana seorang siswa tidak sekedar mengetahui konsep-konsep, melainkan benar-benar memahaminya dengan baik, yang ditunjukkan oleh kemampuannya dalam menyelesaikan berbagai persoalan, baik yang terkait dengan konsep itu sendiri maupun penerapannya dalam situasi baru. Kelebihan dari penguasaan konsep adalah siswa mampu menginformasikan dan mengabstraksikan dalam bentuk yang lain dari konsep yang telah dipahaminya. Klausmeier (Dahar, 1989) menjelaskan bahwa pembelajaran diupayakan dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa. Strategi mengajar yang tepat memiliki tujuan agar pengetahuan yang disampaikan oleh guru dapat dipahami dan dikuasai siswa, sehingga mendorong motivasi siswa agar dapat menerapkan konsep tersebut.

C. Keterampilan Proses Sains

Keterampilan proses sains merupakan keterampilan-keterampilan dan sikap-sikap yang dimiliki para ilmuwan untuk memperoleh dan mengembangkan pengetahuan dan produk sains (Dahar, 1986). Keterampilan proses sains merupakan perilaku ilmuwan sains yang dapat dipelajari dan dikembangkan oleh

siswa melalui proses pembelajaran di kelas. Dalam pembelajarannya, keterampilan proses memberikan kesempatan lebih banyak pada siswa untuk berperan aktif dalam memecahkan masalah yang dihadapkan pada mereka (Oktian, 2005).

Perkembangan keterampilan proses sains (KPS) tidak terlepas dari pandangan Gagne tentang inkuiri. Menurut Gagne (Oktian, 2005) inkuiri merupakan "... *a set of activities characterized by a problem solving approach in which newly encountered phenomena become a challenge for thinking*". Hal ini diperkuat oleh pandangan *Commision on Science Education* (1970) yang menyatakan bahwa keterampilan proses sains adalah komponen inkuiri ilmiah, prosedur yang menghantarkan pada pengetahuan dan memberikan definisi maknanya (Oktian, 2005). Oleh karena itu, jelaslah bahwa keterampilan proses sains merupakan modal utama bagi siswa dalam mempelajari sains yang menunjang terhadap penguasaan konsep IPA.

Lancour (2008) menyatakan bahwa keterampilan proses sains terdiri dari dua bagian, yaitu keterampilan proses sains dasar (*basic science process skills*) dan keterampilan proses sains terpadu (*integrated science process skills*). Adapun yang termasuk ke dalam keterampilan proses sains dasar yaitu: mengobservasi atau mengamati, mengukur, menarik kesimpulan, mengklasifikasikan, memprediksi dan berkomunikasi, sedangkan yang termasuk ke dalam keterampilan proses sains terpadu yaitu merumuskan hipotesis, mengidentifikasi variabel-variabel, mendefinisikan variabel-variabel secara operasional, menggambarkan hubungan-hubungan di antara variabel-variabel, merancang

percobaan, melakukan percobaan, mengumpulkan data, menyusun data dalam bentuk tabel dan grafik, menganalisis percobaan dan hasilnya, memahami sebab akibat dari hubungan dan merumuskan suatu model. Beberapa keterampilan yang termasuk keterampilan proses sains dijelaskan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Aspek-aspek Keterampilan Proses Sains

Keterampilan Proses Sains	Sub Keterampilan Proses Sains
1) Mengamati	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan indera sebanyak mungkin • Mengumpulkan fakta-fakta yang relevan dan memadai
2) Menafsirkan hasil pengamatan	<ul style="list-style-type: none"> • Mencatat setiap pengamatan secara terpisah • Menghubungkan hasil-hasil pengamatan • Menemukan suatu pola dalam satu seri pengamatan • Menarik kesimpulan
3) Meramalkan	<ul style="list-style-type: none"> • Berdasarkan hasil pengamatan mengemukakan apa yang mungkin diamati
4) Menggunakan alat dan bahan	<ul style="list-style-type: none"> • Terampil menggunakan alat dan bahan, mengetahui konsep dan mengapa harus menggunakan alat dan bahan itu.
5) Menerapkan konsep	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan konsep yang telah dipelajari pada situasi baru • Menerapkan konsep pada pengalaman baru untuk menjelaskan apa yang sedang terjadi • Menyusun hipotesis
6) Merencanakan percobaan	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan alat, bahan, dan sumber yang akan digunakan • Menentukan variabel-variabel • Menentukan bagaimana mengolah hasil pengamatan untuk mengambil keputusan • Menentukan cara dan langkah kerja
7) Berkomunikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Menyusun dan menyampaikan laporan secara sistematis dan jelas • Menjelaskan hasil percobaan • Menggambarkan data dengan grafik, tabel, gambar, dll • Membaca grafik tabel, gambar, dll • Mendiskusikan hasil penelitian
8) Mengajukan pertanyaan	<ul style="list-style-type: none"> • Bertanya apa, mengapa, dan bagaimana • Bertanya untuk meminta penjelasan • Mengajukan pertanyaan yang berlatar belakang hipotesis

1. Keterampilan Merencanakan Percobaan

Menurut Firman (2000) dijelaskan bahwa merencanakan percobaan adalah merancang suatu kegiatan yang akan dilakukan untuk menguji suatu hipotesis, memeriksa kebenaran atau memperlihatkan konsep-konsep atau fakta-fakta yang telah diketahui. Sama halnya dengan Lancour (2008) yang berpendapat bahwa keterampilan merancang percobaan adalah keterampilan yang dimulai dari merancang sebuah percobaan dengan mengidentifikasi alat dan bahan, dan mendeskripsikan langkah-langkah yang tepat dalam satu prosedur untuk menguji sebuah hipotesis. Keterampilan merencanakan percobaan penting untuk dikembangkan karena akan memberikan bekal pengetahuan yang banyak bagi siswa untuk berpikir terlebih dahulu sebelum melakukan percobaan.

Aspek keterampilan merencanakan percobaan meliputi menentukan alat, bahan, sumber yang akan digunakan, menentukan variabel-variabel, menentukan bagaimana mengolah hasil pengamatan untuk mengambil keputusan, dan menentukan cara dan langkah kerja.

2. Keterampilan Berkomunikasi

Firman (2000) menjelaskan bahwa mengkomunikasikan merupakan keterampilan menyampaikan gagasan atau hasil penemuannya kepada orang lain. Keterampilan mengkomunikasikan mencakup kemampuan membuat grafik, diagram, bagan, tabel, karangan, laporan, serta memaparkan gagasan secara lisan. Keterampilan berkomunikasi siswa dapat digali salah satunya dalam membuat laporan hasil percobaan. Michael (Sulastri, 2004) menyebutkan laporan hasil

percobaan yang sudah umum dilaksanakan di jenjang pendidikan menengah dan perguruan tinggi mempunyai susunan sebagai berikut:

- a. Judul.
- b. Pendahuluan.
- c. Pernyataan masalah yang diteliti secara sederhana dan jelas.
- d. Alat dan bahan yang digunakan.
- e. Prosedur/metode percobaan secara akurat dan rinci, bagaimana data dikumpulkan.
- f. Hasil. Data diperoleh sesuai prosedur. Bagian ini disajikan dalam bentuk tabel, grafik, gambar yang memungkinkan dan sesuai.
- g. Diskusi. Data yang diperoleh diinterpretasikan dan dihubungkan dengan tujuan penelitian yang dikemukakan dibagian awal laporan.
- h. Kesimpulan, merupakan jawaban dari masalah yang dikemukakan.
- i. Referensi/daftar pustaka, berisi semua literature ilmiah yang dijadikan rujukan dalam laporan.

Laporan percobaan dapat disajikan secara beragam, dapat secara lisan maupun tulisan. Secara tulisan, laporan dapat dikemas dalam bentuk makalah, poster, dan lain-lain. Dalam penelitian ini, laporan hasil percobaan dikemas dalam bentuk poster. Poster adalah salah satu metode umum yang digunakan dalam pertemuan atau konferensi untuk mengkomunikasikan hasil penyelidikan ilmiah terbaru. Poster merupakan satu-satunya di dunia yang melaporkan laporan ilmiah dengan kata-kata yang minimal, mengutamakan komunikasi visual non verbal (Wisudawati, 2007)

Kriteria poster efektif menurut Dodd (Wisudawati, 2007) diantaranya adalah:

- a. Masalah penelitian dinyatakan dengan jelas dan sampai pada kesimpulan.
- b. Menggunakan kata-kata dan ruang yang minimal.
- c. Huruf cetakan dapat terbaca dari jarak jauh.
- d. Memberikan keterangan grafik dengan jelas.
- e. Terlihat simpel, rapi, dan menarik untuk dilihat.

Poster diharapkan mengandung informasi layaknya makalah ilmiah, yaitu pendahuluan, tujuan metode, hasil, interpretasi data dan kesimpulan. Bagian-bagian yang terdapat dalam poster menurut Purrington (2009) adalah:

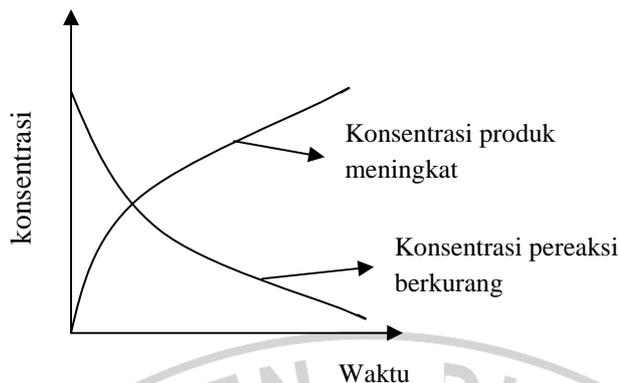
- a. Judul, berisi isu yang menarik perhatian. Maksimum panjangnya 1-2 baris.
- b. Pendahuluan, memberikan hipotesis yang jelas, memberikan gambaran umum tentang pendekatan percobaan.
- c. Materi dan metode, didalamnya dapat digunakan gambar untuk mengilustrasikan percobaan jika memungkinkan, menggunakan diagram alir untuk merangkum prosedur percobaan.
- d. Hasil, didalamnya menjelaskan kapan percobaan dilakukan, gambaran hasil yang diperoleh, dan dijelaskan pula analisis terhadap data.
- e. Kesimpulan, mengingatkan pembaca tentang hipotesis dan hasil, dan pernyataan dukungan hipotesis.
- f. Literatur/daftar pustaka.

D. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

Laju reaksi adalah banyaknya pereaksi yang berkurang per satuan waktu atau banyaknya produk yang terbentuk per satuan waktu. Jumlah zat yang berubah dinyatakan dalam satuan volum total campuran. Oleh karena itu, laju reaksi didefinisikan sebagai pertambahan konsentrasi molar produk reaksi per satuan waktu, atau pengurangan konsentrasi molar pereaksi per satuan waktu. Satuan laju reaksi adalah mol per liter per detik atau $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$. Laju reaksi dipengaruhi oleh frekuensi tumbukan efektif yang terjadi antar molekul. Semakin sering terjadi tumbukan efektif maka laju reaksi akan semakin cepat. Dengan meningkatkan frekuensi tumbukan efektif antar molekul, maka dapat dihasilkan produk dalam waktu yang singkat. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi laju reaksi adalah konsentrasi, suhu, luas permukaan bidang sentuh, dan katalis.

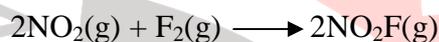
1. Konsentrasi

Banyaknya zat terlarut di dalam sejumlah pelarut disebut konsentrasi. Semakin banyak pereaksi (zat terlarut), maka akan semakin besar pula konsentrasi larutan. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi mengandung partikel yang lebih banyak, jika dibandingkan dengan larutan dengan konsentrasi yang lebih rendah. Pada konsentrasi tinggi, memungkinkan tumbukan yang terjadi akan lebih banyak, sehingga membuka peluang semakin banyak tumbukan efektif yang menyebabkan laju reaksi menjadi lebih cepat. Akibatnya, hasil reaksi akan lebih cepat terbentuk. Gambar 2.1 menunjukkan perubahan konsentrasi pereaksi dan produk terhadap waktu reaksi.



Gambar 2.1. Perubahan konsentrasi pereaksi dan produk terhadap waktu reaksi

Secara percobaan, diketahui bahwa laju reaksi bergantung pada konsentrasi pereaksi tertentu. Misalkan reaksi nitrogen oksida dan fluor membentuk nitril fluorida.



Ketika konsentrasi nitrogen dioksida dan konsentrasi fluor diduakalikan, laju reaksinya pun dua kali lebih cepat. Laju reaksi adalah suatu persamaan yang menghubungkan laju reaksi dengan konsentrasi pereaksi-pereaksi. Persamaan tersebut dinyatakan dalam hukum laju reaksi, yang dapat ditulis dalam bentuk:

$$v = k[\text{A}]^m[\text{B}]^n$$

Pada persamaan laju, k disebut tetapan laju, yaitu tetapan keproporsionalan dalam hubungannya antara laju dan konsentrasi. Tetapan laju mempunyai nilai tertentu pada suhu tertentu, dan pada suhu berbeda nilai k juga berbeda. Dengan demikian k bergantung pada suhu percobaan. Satuan yang biasa digunakan hukum laju adalah $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$, sedangkan satuan untuk k bergantung pada bentuk hukum laju. Pangkat m dan n disebut orde reaksi, nilainya bisa berupa bilangan positif,

negatif, atau nol. Orde reaksi tidak dapat diturunkan hanya dengan melihat koefisien pada persamaan kimia atau diturunkan dari koefisien reaksi, tetapi hanya dapat ditentukan secara percobaan. Orde reaksi total sama dengan jumlah orde dari spesi-spesi yang terdapat dalam hukum laju.

2. Suhu

Pengaruh suhu dapat dijelaskan dari hukum laju, dimana dalam hukum laju mengandung konsentrasi dan tetapan laju, k . Dan karena tidak ada variabel lain dalam hukum laju, sehingga pengaruh suhu terhadap laju tercakup dalam tetapan laju, dan ini dibuktikan secara percobaan bahwa tetapan laju reaksi berbeda pada suhu yang berbeda. Tetapan laju bergantung pada suhu dapat dijelaskan dengan model tumbukan. Model tumbukan dari laju reaksi adalah suatu teori yang mengasumsikan bahwa agar reaksi terjadi maka molekul pereaksi harus bertumbukan dengan energi yang memadai dan orientasi tumbukan yang tepat. Faktor orientasi penting untuk terjadinya reaksi, sebab molekul pereaksi yang diorientasikan secara tepat akan bertumbukan secara efektif. Dalam model tumbukan, tetapan laju (k) untuk reaksi diberikan sebagai hasil kali ketiga faktor, yaitu frekuensi tumbukan (Z), fraksi tumbukan yang mempunyai energi lebih besar daripada energi aktivasi (f), dan fraksi tumbukan yang terjadi dengan orientasi molekul pereaksi secara tepat (p), yang dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$k = pfZ$$

Dengan demikian, Z yakni frekuensi dimana molekul pereaksi bertumbukan bergantung pada suhu. Akibat kenaikan suhu, molekul-molekul gas bergerak

lebih cepat sehingga tumbukan lebih sering terjadi. Teori kinetik gas dapat menunjukkan bahwa pada suhu 25°C, kenaikan 10°C dapat meningkatkan frekuensi tumbukan sekitar 2%. Jika diasumsikan bahwa setiap tumbukan molekul pereaksi menghasilkan produk reaksi, maka dapat disimpulkan bahwa laju akan meningkat sejalan dengan naiknya suhu, yaitu sekitar 2% untuk kenaikan 10°C. Fraksi molekul yang bertumbukan mempunyai energi yang lebih besar daripada energi aktivasi (f), akibatnya dapat mengubah reaksi secara cepat pada perubahan suhu relatif kecil. Ini dapat ditunjukkan bahwa f dihubungkan dengan energi aktivasi (Ea), dan R adalah tetapan gas ideal yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$f = e^{-E_a/RT}$$

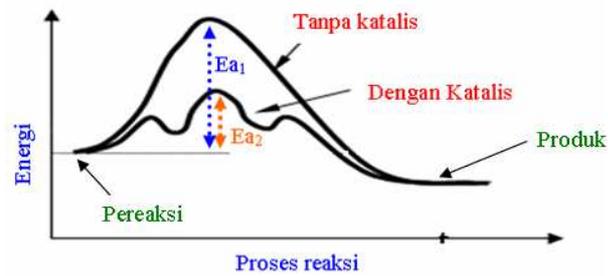
3. Luas Permukaan Bidang Sentuh

Faktor lain yang mempengaruhi laju reaksi adalah luas permukaan bidang sentuh dari suatu molekul dengan molekul lainnya. Semakin kecil ukuran suatu zat padat maka luas permukaan bidang sentuh zat padat tersebut semakin besar sehingga semakin cepat reaksi berlangsung. Bubuk zat padat biasanya menghasilkan reaksi yang lebih cepat dibandingkan sebuah bongkahan zat padat dengan massa yang sama, karena bubuk padat memiliki luas permukaan bidang sentuh yang lebih besar daripada sebuah bongkahan zat padat. Suatu zat akan bereaksi hanya jika zat tersebut bercampur atau bersentuhan dan terjadi tumbukan. Tumbukan tersebut terjadi antar luas permukaan bidang sentuh dari masing-masing molekul.

4. Katalis

Diketahui bahwa laju reaksi dapat meningkat dengan tajam dengan naiknya suhu, tingginya konsentrasi pereaksi, dan luasnya bidang sentuh. Namun, terkadang cara-cara tersebut sulit untuk diterapkan karena adanya keterbatasan-keterbatasan yang ada, sebagai contoh sel makhluk hidup dapat bertahan pada rentang suhu yang agak rendah, dan tubuh manusia dirancang untuk beroperasi pada suhu relatif tetap sekitar 37°C . Namun, banyak reaksi biokimia yang begitu rumit dalam tubuh terlalu lambat pada suhu ini bila tanpa ada campur tangan zat lain. Sel tubuh bekerja hanya disebabkan tubuh mengandung banyak zat yang dinamakan enzim yang mampu meningkatkan laju reaksi biokimia dalam tubuh.

Enzim merupakan contoh katalis. Katalis adalah suatu zat yang dapat mempengaruhi laju/kecepatan suatu reaksi dan diperoleh kembali di akhir reaksi. Walaupun katalis bukan pereaksi, tetapi dalam pelaksanaannya turut andil dalam salah satu tahap mekanisme reaksi. Katalis memasuki satu tahap dan keluar pada tahap selanjutnya. Katalis dapat mempercepat laju reaksi dengan cara mencari jalan lain (mekanisme lain) yang memiliki energi aktivasi (energi pengaktifan) lebih rendah, sehingga katalis dapat mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Walaupun katalis menurunkan energi aktivasi reaksi tetapi tidak mempengaruhi perbedaan energi antara produk dan pereaksi, dengan kata lain katalis tidak mengubah entalpi reaksi. Katalis berperan hanya pada reaksi tertentu. Grafik hubungan pengaruh penggunaan katalis terhadap energi aktivasi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hubungan Pengaruh Katalis Terhadap Energi

a. Jenis-Jenis Katalis

1) Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang dapat bercampur secara homogen dengan pereaksinya. Contoh:

a) Katalis wujud gas dan pereaksi wujud gas

Katalis uap nitroso pada pembuatan gas SO_3 dan gas SO_2 dengan O_2



b) Katalis wujud cair dan pereaksi wujud cair

Katalis asam pada proses hidrolisa sukrosa

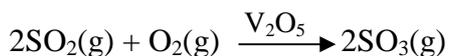


2) Katalis Heterogen

Katalis heterogen adalah katalis yang tidak dapat bercampur secara homogen dengan pereaksinya. Contoh:

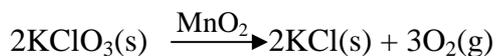
a) Katalis wujud padat dan pereaksi wujud gas

Katalis vanadium oksida pada reaksi pembuatan gas SO_3 dari gas SO_2 dan O_2



b) Katalis wujud padat dan pereaksi wujud padat

Katalis MnO_2 pada penguraian KClO_3



b. Cara kerja katalis dapat dibedakan sebagai berikut:

1) Pembentukan senyawa antara

Misalnya reaksi $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$, dengan katalis K. Salah satu pereaksi akan bereaksi terlebih dahulu dengan katalis dan membentuk senyawa antara (senyawa yang lebih aktif). Selanjutnya, senyawa antara tersebut bereaksi dengan pereaksi yang lain, dan katalis dihasilkan kembali. Jalan reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut.



2) Adsorpsi pereaksi

Katalis akan mengadsorpsi molekul-molekul peraksi pada permukaannya. Gaya tarik-menarik antara katalis dan molekul pereaksi akan memperlemah ikatan antar molekul peraksi dan bahkan bisa memutuskan ikatan tersebut. Akibatnya molekul-molekul pereaksi yang teradsorpsi menjadi lebih reaktif daripada molekul yang tidak teradsorpsi. Salah satu syarat katalis yang bekerja atas dasar adsorpsi adalah katalis yang permukaannya tidak mengikat terlalu kuat hasil reaksi, sehingga pada saat reaksi berlangsung dan terjadi hasil, hasil reaksi dapat segera dilepaskan. Dengan demikian, permukaan katalis dapat digunakan oleh molekul-molekul pereaksi yang lain secara berulang-ulang.