

Dr. Ida Farida, M.Pd.

BIDANG KAJIAN DAN MODEL-MODEL PENELITIAN PENDIDIKAN KIMIA



LEMBAGA PENELITIAN DAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UIN SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG
TAHUN 2018

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah Subhana Wa Ta'alla, karena atas limpahan karunia-Nya buku yang berjudul: 'Bidang kajian dan Model-model Penelitian Pendidikan Kimia' dapat diselesaikan.

Buku ini merupakan salah satu produk hasil penelitian yang dilakukan pada tahun anggaran 2018. Buku ini diharapkan dapat menjawab kebutuhan bahan rujukan yang dapat digunakan untuk mengarahkan bidang kajian Pendidikan Kimia sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian dan pengembangan pembelajaran kimia yang dilandasi riset. Sasaran pengguna buku ini adalah mahasiswa, dosen dan peneliti di bidang Pendidikan Kimia.

Terbitnya buku hasil penelitian ini tidak terlepas dari kerja sama, dorongan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan, khususnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UIN Sunan Gunung Djati Bandung yang telah mendukung pendanaan dalam melaksanakan penelitian hingga terbitnya buku ini. Selain itu terima kasih disampaikan kepada pihak yang terlibat langsung, maupun tak langsung.

Saya menyadari bahwa buku ini masih belum sempurna, hingga tidak tertutup kemungkinan adanya kekeliruan dalam penulisannya. Tak lain ini disebabkan oleh keterbatasan kemampuan yang dimiliki. Meskipun demikian, mudah-mudahan buku ini dapat menjadi sumbangan pemikiran bagi peningkatan kualitas pendidikan, khususnya Pendidikan Kimia.

Bandung, Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 HAKIKAT KIMIA	5
BAB 3 KARAKTERISTIK KIMIA DAN HUBUNGANNYA DENGAN PEMBELAJARAN KIMIA	22
BAB 4 PENGETAHUAN PEDAGOGI KONTEN KIMIA	32
BAB 5 MODEL-MODEL PENELITIAN PENDIDIKAN KIMIA	48
BAB 6 PETA BIDANG KAJIAN DAN TREND PENELITIAN PENDIDIKAN KIMIA	82
DAFTAR PUSTAKA	100

BAB 1. PENDAHULUAN

Pengembangan kompetensi dosen dalam bidang penelitian, merupakan salah satu tugas pokok dan fungsi yang harus dilaksanakan di samping dua tugas lainnya yaitu bidang pendidikan/pengajaran dan pengabdian pada masyarakat. Mandat pengembangan penelitian ditegaskan dalam Peraturan Pemerintah, PP No: 66/2010 tentang Tujuan Pendidikan Tinggi.

Pada Pendidikan Tinggi di lingkungan Kementerian Agama, prinsip dan ketentuan penelitian dan publikasi ilmiah dinyatakan dalam PerMenag RI No: 55/2014 Tentang Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Pada Perguruan Tinggi Keagamaan serta mengacu pada Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Islam Nomor 4398 Tahun 2015 tentang Pedoman Perencanaan, Pelaksanaan dan Pelaporan Penelitian pada Perguruan Tinggi Keagamaan Islam (PTKI) terkait dengan arah kebijakan pengembangan penelitian dan publikasi ilmiah. Kinerja sasaran diarahkan pada pencapaian *outcome*, berupa keluaran penelitian yang bermutu, yaitu: 1) Kualitas hasil penelitian; dan 2) Kualitas hasil inovasi di lingkungan PTKI (Darmalaksana, 2018)

Ketercapaian kompetensi dosen di bidang penelitian bukan hanya ditunjukkan dengan jumlah publikasi yang dihasilkan, namun juga bagaimana produk penelitian dapat dimanfaatkan dan diaplikasikan dalam berbagai bidang (Lavonen & Krzywacki, 2014). Produk-produk penelitian di bidang pendidikan kimia penting dikembangkan dalam program perkuliahan pada mata kuliah yang relevan. Hal ini sesuai dengan landasan

pemikiran tentang terwujudnya perkuliahan berbasis riset untuk menuju visi Universitas berbasis riset (Hafsah, 2015).

Hoskins & Mitchell (2015) menegaskan pentingnya *setting* belajar dan pembelajaran di Perguruan Tinggi dihubungkan dengan hasil-hasil riset. Tujuan utama pengembangan perkuliahan yang terintegrasi dengan proses dan produk penelitian adalah untuk peningkatan kualitas hasil belajar dan kompetensi lulusan agar memiliki keterampilan yang esensial dalam menghadapi tantangan di abad 21. Diharapkan lulusan Perguruan Tinggi menjadi sumber daya manusia bermanfaat, mampu bertahan dan bersaing dalam kehidupan sekarang dan masa yang akan datang. Meningkatnya kebutuhan untuk mengintegrasikan pengajaran dan penelitian di Perguruan Tinggi telah menyebabkan para akademisi menggabungkan pengalaman penelitian otentik di kelas mereka (Junpeng & Tungkasamit, 2014).

Untuk itu diperlukan strategi sistematis dan terukur untuk mencapai upaya tersebut. Kebutuhan terwujudnya pembelajaran yang berlandaskan hasil-hasil riset/penelitian menjadi salah satu jawaban untuk menghadapi tantangan berkembang pesatnya kemajuan jaman. Pada abad ini, kemajuan teknologi informasi yang pesat memerlukan berbagai keterampilan esensial yang penting dikuasai peserta didik/mahasiswa. Untuk mencapai hal tersebut, karenanya di ruang kelas mahasiswa seharusnya menjadi peserta didik aktif yang mengkonstruksi pengetahuan sendiri melalui berbagai aktivitas belajar yang dirancang agar mereka mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif dalam memecahkan permasalahan, selanjutnya mereka mampu mengkomunikasikan temuan-temuan yang diperoleh dalam pemecahan masalah tersebut (Sota & Peltzer, 2017). Proses pembelajaran akan efektif, bila pada pembelajaran peserta didik difasilitasi

untuk aktif melibatkannya dalam kegiatan berpikir kritis, berkreasi dan berkomunikasi (Wannapiroon, 2014).

Bagi perguruan tinggi, menghasilkan lulusan berkualitas adalah suatu prestasi yang dapat dibanggakan. Demikian pula, bagi Program Studi Pendidikan Kimia yang menjadi wadah dalam menjalankan kegiatan pendidikan tersebut, tentu sangatlah penting menghasilkan lulusan yang kelak menjadi calon pendidik kimia yang berkualitas. Untuk mewujudkan semua itu program studi berperan penting dalam memperhatikan keadaan yang mendukung keberhasilan pendidikan tersebut untuk menghasilkan lulusan yang berkualitas.

Berbagai masalah yang dihadapi dalam upaya meningkatkan kualitas lulusan calon guru, perlu dicarikan solusinya melalui penelitian-penelitian yang terpadu dan komprehensif. Untuk itu diperlukan sumber-sumber belajar yang mutakhir agar mampu menghasilkan lulusan yang berkualitas. Asumsi yang mendasari pemikiran ini, karena ruang lingkup penelitian yang dilakukan dosen akan berdampak langsung pada kualitas perkuliahan atau pembelajaran. Program studi hendaknya selalu melakukan pembaharuan dalam pengembangan kurikulum maupun praktik perkuliahan di kelas dengan memanfaatkan hasil hasil riset yang telah dilakukan. Dengan demikian pengambilan masalah penelitian perlu mengikuti kecenderungan tema penelitian mutakhir (Martinez & Elena, 2014) dan menjawab kebutuhan pengembangan perkuliahan berbasis riset (Yeoh, 2017).

Buku ini disusun untuk menjawab kebutuhan bahan rujukan yang dapat digunakan untuk mengarahkan bidang kajian Pendidikan Kimia sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian dan pengembangan

pembelajaran kimia yang dilandasi riset. Oleh karena itu, pada buku ini dideskripsikan bagaimana hakikat ilmu kimia dan Pendidikan kimia yang menjadi dasar untuk mengembangkan model-model penelitian pendidikan kimia. Dibahas juga bagaimana peta bidang kajian penelitian dan trends penelitian yang berkembang dalam lingkup Internasional yang dapat menjadi rujukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB 2. HAKIKAT ILMU KIMIA

Ilmu kimia merupakan bagian dari ilmu pengetahuan alam (IPA) yang berfokus mempelajari materi dan energi serta kemungkinan perubahannya menjadi zat lain. Hakekat perubahan kimia atau dikenal sebagai reaksi kimia dapat dipahami jika mendalami hakekat materi. Materi di alam dapat berupa unsur, senyawa dan campuran. Secara submikroskopis, ketiga bentuk materi itu terbentuk dari unit atom atau atom-atom, dapat pula berupa gabungan atom-atom (molekul) yang saling berinteraksi melalui ikatan kimia.

Suatu atom tersusun dari inti atom dan elektron. Elektron-elektron di dalam atom menempati suatu daerah kebolehjadian yang disebut orbital. Letak elektron ditentukan oleh empat bilangan kuantum, yaitu bilangan kuantum utama (n), bilangan kuantum azimuth (l), bilangan kuantum magnetik (m) dan bilangan kuantum spin (s). Hingga saat ini, kimia membatasi unsur pembentuk materi yang paling elementer, hanya pada elektron dan inti atom. Pada reaksi kimia terjadi perubahan struktur atom (atau tepatnya perubahan susunan elektron) yang menyusun materi. Struktur atom menentukan identitas suatu materi, sehingga di setiap reaksi kimia pada hakekatnya merupakan perubahan sifat materi dan di setiap reaksi kimia selalu terjadi perubahan energi (Brown, Lemay, Bursten, & Murphy, 2012).

Dengan demikian, kajian-kajian dalam kimia hakekatnya bertujuan untuk memahami sifat dan perubahan materi di alam. Konsep, hukum, teori dalam kimia dihasilkan dari kajian-kajian tersebut. Akibat pemahaman

terhadap fenomena-fenomena kimia, ilmuwan dapat menghasilkan produk-produk sintetis yang meniru alam, misalnya plastik dan semikonduktor. Penerapan ilmu kimia menghasilkan produk teknologi yang bermanfaat untuk kesejahteraan dan pengobatan seperti pupuk, insektisida, obat-obatan, bahan bangunan, dan produk-produk petrokimia. Dengan menggunakan pengetahuan kimia pula dimungkinkan pengendalian proses-proses alam agar terhindar dari kerugian dan dapat bermanfaat bagi manusia. Contohnya pencegahan korosi dan pencemaran alam serta penyediaan pasokan air minum (Thompson, 2001). Ilmu kimia berkaitan erat dengan disiplin ilmu lain, karena untuk menjelaskan fenomena atau menerapkan kimia diperlukan pengetahuan (konsep, hukum, dan teori) dari disiplin lain. Misalnya kaidah matematika dan fisika diaplikasikan dalam kimia, dan aplikasi kimia dalam biologi, geologi, kedokteran, pertanian dan lain-lain.

Secara epistemologis, sebagaimana induk ilmu kimia yaitu sains (*natural science*), ilmu kimia dapat dipandang memiliki dua dimensi, yaitu dimensi dinamik dan dimensi statik. Dimensi dinamik dari ilmu kimia menggambarkan ilmu kimia sebagai aktivitas riset dan pengkajian dengan menggunakan metode ilmiah yang mengandalkan keterampilan-keterampilan proses (observasi, pengumpulan data, klasifikasi dsb.). Sementara itu, berdasarkan dimensi statik dari ilmu kimia merupakan produk sistem ide-ide (konten kimia), yang pada dasarnya merupakan produk dari aktivitas riset dan pengkajian dalam kimia.

Struktur keilmuan kimia dibangun oleh tiga dimensi, yaitu dimensi proses, produk dan sikap (ilmiah). Produk-produk ilmu kimia adalah hasil dari proses kimia. Dimensi produk kimia mencakup data-data, konsep-konsep, prinsip-prinsip, hukum-hukum, teori-teori dan model-model yang

merupakan hasil rekaan manusia yang digunakan untuk memahami dan menjelaskan berbagai fenomena perubahan materi dan energi yang terjadi di alam. Dimensi proses merupakan metode yang dilakukan untuk memperoleh produk-produk ilmu kimia atau disebut juga metode ilmiah. Metode ini dalam merupakan gabungan antara metode induktif dan metode deduktif yang memadukan penalaran atau logika rasional dan logika empiris. Dimensi proses disebut juga Inkuiri Ilmiah. Dimensi sikap adalah berbagai keyakinan, opini dan nilai-nilai yang harus dipertahankan oleh seorang ilmuwan khususnya ketika mencari atau mengembangkan pengetahuan baru. Ketiga dimensi ilmu kimia ini perlu dipandang setara pentingnya dalam pendidikan kimia. Pendidikan kimia tidak boleh hanya terfokus pada aspek produk, melainkan juga aspek proses, yang selanjutnya berdampak pada dimensi pengembangan sikap ilmiah.

A. Dimensi Produk

Berikut ini penjelasan lebih lanjut komponen-komponen dalam dimensi produk:

1. **Fakta** adalah peristiwa yang terjadi dan dicatat dengan tanpa perbedaan pendapat. Fakta diamati sama oleh semua observer. Bahwa logam memuai ketika dipanaskan adalah fakta. Begitupun dengan matahari yang muncul dari timur dan tenggelam di barat, diamati sama oleh manusia di Bumi. Fakta dapat dibuktikan benar salahnya diobservasi secara empiris. Fakta mengenai fenomena alam menjadi sumber bagi pengembangan sains. Peran fakta dalam pengembangan ilmu adalah menjadi landasan bagi verifikasi (membuktikan kebenaran) teori, dan

- falsifikasi (membuktikan kesalahan) teori, memodifikasi teori agar dapat menjelaskan lebih luas fenomena, bahkan melahirkan teori baru.
2. **Data** adalah informasi yang dipertimbangkan relevan untuk penyelidikan dan dikumpulkan dalam kondisi-kondisi yang khusus. Data merupakan fakta yang terpilih yang diperoleh dengan cara khusus untuk tujuan tertentu sesuai yang dipertimbangkan tepat oleh peneliti.
 3. **Konsep** adalah abstraksi sebagai generalisasi tentang sekumpulan ide, obyek, atau peristiwa, berdasarkan karakteristik esensial dari proses, obyek, atau peristiwa tersebut. Bahwa “asam merupakan zat yang larutannya dalam air memerahkan warna lakmus” adalah contoh konsep (abstraksi dari sejumlah zat yang memiliki karakteristik yang sama). Kata “asam” dalam konteks ini adalah suatu “label” konsep. Contoh label konsep lainnya adalah atom, mineral, logam, kepolaran, massa jenis. Label konsep seringkali dinyatakan dalam bentuk lambang, seperti halnya I (kuat arus), A_r (massa atom relatif), dan λ (panjang gelombang). Farmer dan Farrel (1980) mengklasifikasikan konsep-konsep ke dalam dua kategori, yakni “konsep berlandaskan pengamatan” (*concepts by inspection*) dan “konsep berdasarkan definisi” (*concept by definition*), yang sering disebut juga konsep teoritis (*theoretical concepts*) atau konstruk teoritis. Konsep berlandaskan pengamatan merupakan abstraksi dari hasil pengamatan terhadap sejumlah proses, obyek, atau peristiwa. Konsep berdasarkan definisi tidak diabstraksi dari hasil pengamatan, melainkan didefinisikan berdasarkan kesepakatan pakar. Herron (1977) mengidentifikasi karakteristik yang dimiliki konsep. Karakteristik konsep meliputi: label konsep, atribut konsep (atribut kritis dan atribut variabel) dan hirarki konsep. Label konsep didefinisikan sesuai dengan tingkat pencapaian konsep yang diharapkan dari siswa. Definisi konsep

untuk suatu label konsep yang sama bisa berbeda tergantung pada tingkat perkembangan kognitif siswa. Atribut kritis merupakan ciri-ciri utama konsep yang merupakan penjabaran definisi konsep. Atribut variabel menunjukkan ciri-ciri konsep yang nilainya dapat berubah, namun besaran dan satuannya tetap. Hirarki konsep menyatakan hubungan suatu konsep dengan konsep lain berdasarkan tingkatannya, yaitu konsep superordinat (konsep yang tingkatannya lebih tinggi, konsep ordinat (konsep yang setara) dan konsep subordinat (konsep yang tingkatannya lebih rendah). Hirarki konsep dapat direpresentasikan dalam bentuk peta konsep dan digunakan untuk menentukan urutan pembelajaran konsep. Ada delapan jenis konsep dalam ilmu kimia, yaitu sebagai berikut: *Konsep konkrit*, yaitu konsep yang atribut kritis dan atribut variabel dapat diidentifikasi, sehingga relatif mudah dimengerti, mudah dianalisis dan mudah memberikan contoh dan noncontoh. Contoh konsep konkrit antara lain: gelas kimia, tabung reaksi, batu baterai, sel aki, sel Volta. *Konsep abstrak*, yaitu konsep yang atribut kritis dan atribut variabelnya sukar dimengerti dan sukar dianalisis, sehingga sukar menemukan contoh dan noncontoh. Konsep seperti ini relatif sukar untuk diajarkan/dipelajari, karena tidak mungkin mengkomunikasikan informasi tentang atribut kritis konsep ini melalui pengamatan langsung. Oleh karena itu, diperlukan model-model atau ilustrasi yang mewakili contoh dan noncontoh. Contoh konsep abstrak antara lain: atom, molekul, inti atom, ion, proton, neutron. *Konsep abstrak dengan contoh konkrit*, yaitu konsepnya mudah dikenali, namun mengandung atribut sukar dimengerti, sehingga sukar membedakan contoh dan noncontoh. Contohnya antara lain: unsur, senyawa, elektrolit. *Konsep berdasarkan prinsip*, yaitu konsep yang memerlukan prinsip-prinsip pengetahuan untuk

menggunakan dan membedakan contoh dan noncontoh. Contohnya antara lain: konsep mol, beda potensial. *Konsep yang menyatakan simbol*, yaitu konsep yang mengandung representasi simbolik berlandaskan aturan tertentu. Contohnya antara lain: rumus kimia, rumus, persamaan. *Konsep yang menyatakan nama proses*, yaitu konsep yang menunjukkan terjadinya suatu ‘tingkah-laku’ tertentu. Contohnya antara lain: destilasi, elektrolisis, disosiasi, oksidasi, meleleh. *Konsep yang menyatakan sifat dan nama atribut*. Konsep-konsep seperti: massa, berat, muatan listrik, muatan, frekuensi, bilangan oksidasi, dan mudah terbakar merupakan atribut atau ciri-ciri suatu obyek. *Konsep yang menyatakan ukuran atribut*. Sama seperti diatas, namun bentuknya berupa satuan ukuran untuk atribut. Contohnya antara lain satuan konsentrasi : molaritas, molalitas, normalitas, ppm, pH.

4. **Prinsip, hukum, dan aturan** merupakan suatu pernyataan yang memprediksi hubungan konsep-konsep. Istilah prinsip, hukum dan aturan seringkali dipertukarkan satu sama lain dalam literatur sains. Terdapat dua kategori prinsip, yakni prinsip empirik dan prinsip teoretik.

Prinsip empirik merujuk hanya pada antarhubungan konsep-konsep berdasarkan pengamatan, tetapi tidak menyediakan penjelasan terhadap antarhubungan yang diprediksikan. Contohnya adalah hukum Ohm: “Arus listrik dalam suatu rangkaian berbanding lurus dengan gaya gerak listrik (electromotive force) dan berbanding terbalik dengan hambatan”, $I = E/R$. Prinsip ini melibatkan antarhubungan berbagai konsep dan memprediksi apa yang akan terjadi dalam interaksi antarkonsep tersebut.. Contoh lain bagi prinsip empirik adalah hubungan kuantitatif antara bahang (kalor) dan pemuaiian, sebagaimana dideskripsikan dalam formula $P_t = P_o (1 + \lambda t)$. Sementara itu prinsip teoretik merujuk pada

konsep-konsep teoretik yang menyediakan penjelasan di samping memprediksi. Contohnya adalah prinsip berikut: “Pada temperatur di atas nol absolut (*Absolute Zero*), gerakan molekul gas bersifat acak baik dalam kecepatan maupun arah”. Prinsip teoritis tidak menggambarkan relasi kuantitatif seperti halnya Hukum Ohm, tetapi mempunyai daya eksplanasi terhadap berbagai fenomena terkait. Hukum Mendel adalah contoh prinsip empirik, sementara teori genetika modern memberikan eksplanasi terhadap fenomena yang dideskripsikan oleh hukum Mendel.

5. **Teori** merupakan eksplanasi (penjelasan) beralasan terhadap fenomena yang diamati dan temuan-temuan eksperimen. Teori merupakan system penalaran yang dikonstruksi berdasarkan asumsi-asumsi yang diterima. Teori digunakan untuk menjawab “mengapa” dan memprediksi fakta-fakta baru. Teori dapat diubah atau dimodifikasi dengan menggunakan bukti-bukti baru (bersifat Tentatif). Teori dapat diturunkan dari hipotesis yang telah terverifikasi kebenarannya “generalisasi-generalisasi konseptual” (Mannoia, 1980), oleh karenanya teori bersifat abstrak dan umum, dan mengeliminasi detail-detail (partikularitas). Teori kinetik molekul (*the molecular kinetic theory*) berlaku umum terhadap gas tanpa mempersoalkan jenis zatnya. Begitupun dengan teori gravitasi Newton, yang mengabaikan bentuk dan warna benda. Pada dasarnya, teori merupakan sistem penalaran logis yang dikonstruksi secara hati-hati dengan asumsi-asumsi tertentu tentang sifat alam. Asumsi ialah hal-hal masuk akal yang diterima secara tentatif tanpa bukti-bukti yang menunjangnya. Teori kinetik molekul mengasumsikan gas terdiri atas molekul-molekul dan ruang, dan molekul tersebut bergerak lurus hingga bertumbukan secara elastik sempurna dengan dengan molekul sejenisnya atau dengan dinding wadahnya. Teori kinetik molekul digagas oleh

Robert Clausius dengan menggunakan penalaran abduktif (*abductive reasoning*), yakni proses inferensi logis dari observasi menuju teori. Teori menjelaskan tentang apa yang terjadi di alam, atau penjelasan mengapa gejala terjadi. Oleh karenanya teori dapat dipandang sebagai jawaban terhadap pertanyaan “mengapa”. Mengapa dalam kondisi tertentu gas-gas memenuhi hukum-hukum gas ideal, $PV = nRT$, dapat dijelaskan oleh teori kinetik molekul. Lebih luas lagi, teori memegang peranan penting dalam mengarahkan observasi, merangkum pengetahuan, memprediksi, dan mengendalikan fakta. Oleh karenanya, kedudukan teori sangat penting dalam riset ilmiah, teori terutama dirujuk untuk menggagas hipotesis (jawaban sementara terhadap masalah yang dikemukakan) sebagai langkah awal dari keseluruhan proses riset ilmiah.

6. **Model** dalam sains adalah representasi dari suatu fenomena (obyek, proses, sistem) sesuai dengan teori yang melandasinya. Model dikonstruksi untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang fenomena. Model tatasurya dari atom Bohr dikonstruksi untuk merepresentasikan (lebih kongkrit & visual) teori atom Bohr. Begitupun dengan model orbital s (bulat), dan orbital-orbital p (seperti halter) yang dikonstruksi untuk merepresentasikan kedua macam orbital tersebut menurut teori atom berbasis mekanika kuantum. Perlu dicatat bahwa sangat sukar untuk memodelkan teori secara sempurna, sehingga model selalu mengandung sedikit kesalahan. Dalam pendidikan, dikenal berbagai model mengajar/pembelajaran (*teaching models*) sebagai representasi proses pembelajaran yang sesuai dengan teori relevan, sehingga setiap model pembelajaran mempunyai sintaks (langkah-langkah proses) tertentu.

(Firman, 2016)

B. Dimensi Proses

Dimensi proses mencakup:

1. **Observasi** (pengamatan) adalah penggunaan indera manusia dan peralatan (misalnya: termometer, kalorimeter, dan instrumen-instrumen canggih) untuk memperoleh informasi tentang aspek alam fisik yang tengah diteliti. Perkembangan dalam alat-alat observasi dan pengukuran turut menentukan peningkatan akurasi dan presisi data. Kehadiran instrumen-instrumen canggih untuk menganalisis difraksi sinar X, mikroskop elektron, spektrofotometer-spektrofotometer canggih, menyebabkan kajian terhadap struktur material, termasuk struktur belitan ganda (double helix) DNA diketahui. Tanpa teleskop canggih sukar dibayangkan struktur galaksi kita bahkan struktur alam semesta diketahui. Mengamati merupakan kegiatan mengidentifikasi ciri-ciri obyek tertentu dengan alat inderanya secara teliti, menggunakan fakta yang relevan dan memadai dari hasil pengamatan, menggunakan alat/bahan sebagai alat untuk meng-amati obyek dalam rangka pengumpulan data/informasi.

Keterampilan mengamati berhubungan dengan penggunaan secara optimal dan proporsional seluruh alat indera untuk menggambarkan karakteristik obyek dan hubungan ruang-waktu atau mengukur karakteristik fisis benda-benda yang diamati. Pengumpulan data merujuk pada aneka proses dan teknik untuk secara sistematis mengumpulkan dan mencatat data, serta pada kondisi apa data dikumpulkan.

Walaupun observasi sebagai proses dasar untuk memperoleh fakta/peristiwa tentang alam, pengumpulan data berbeda dengan observasi. Pertimbangan perlu dilakukan sebelum proses pengumpulan data dimulai untuk menentukan fakta mana yang relevan, bagaimana dan bilamana observasi akan dilakukan.

Data deskriptif dikumpulkan secara sistematis dalam bentuk kata-kata tertulis atau simbol-simbol yang dicatat secara sistematis. Data kuantitatif dikumpulkan secara sistematis dari pengukuran-pengukuran dengan alat ukur dan proses pengukuran secara konsisten.

2. **Analisis dan Interpretasi Data:** Data adalah penting, namun data tidak berarti sebelum dianalisis sehingga pola data dipahami, dan maknanya ditafsirkan. Analisis dan interpretasi data melibatkan reduksi data, yakni aplikasi matematika/statistika untuk mengungkap pola-pola dari data mentah berdasarkan data yang tersedia, serta interpolasi dan ekstrapolasi data berdasarkan pola-pola data tersebut. Kehadiran program-program aplikasi komputer analisis data membantu dalam manajemen dan analisis data untuk menemukan relasi-relasi antarvariabel penelitian.
3. **Prediksi** merupakan perkiraan tentang sesuatu yang belum terjadi berdasarkan suatu kecenderungan atau pola-pola hasil pengamatan yang sudah ada. Prediksi berguna untuk memahami adanya hubungan sebab akibat yang terjadi di alam semesta. Prediksi atau dugaan atau ramalan dalam ilmu kimia dibuat atas dasar observasi dan inferensi yang tersusun menjadi suatu hubungan antara peristiwa-peristiwa atau fakta-fakta yang terobservasi. Munculnya prediksi, karena para ilmuwan meyakini bahwa di alam terdapat hubungan sebab akibat yang mengendalikan peristiwa-peristiwa alam dalam suatu keteraturan.

Keyakinan akan hubungan sebab akibat dan adanya keteraturan gaya mengarahkan kita pada anggapan dasar bahwa seluruh peristiwa alam dapat diramalkan atau diperkirakan. Prediksi didasarkan pada hasil observasi atau data yang sesuai. Jumlah data yang sesuai dan ketepatan data dapat berakibat pada keakuratan prediksi.

Asumsi atau anggapan dasar bahwa alam berperilaku secara teratur membantu para kimiawan menggunakan data yang sesuai untuk meramalkan peristiwa yang akan datang. Ada dua cara memprediksi, yaitu: 1) interpolasi: mengestimasi nilai-nilai antara diantara titik-titik yang telah diketahui; dan 2) ekstrapolasi: mengestimasi nilai-nilai di luar rentang data yang tersedia.

Dengan demikian memprediksi dapat mencakup: membuat prediksi berdasarkan pembacaan data pengamatan yang diperoleh/disajikan, membuat prediksi dengan memperpanjang suatu kecenderungan yang ditemukan sebagai hasil pengamatan, membuat prediksi berdasarkan pola-pola berulang baik secara kualitatif, maupun kuantitatif.

Keterampilan memprediksi sangat tergantung pada kemampuan melakukan pengamatan yang teliti dan kejelian menganalisis hubungan antar variabel, jumlah dan reliabilitas data. Kecermatan hasil prediksi dicapai jika terdapat hubungan yang teratur di antara sepasang variabel. Jika hubungan antara variabel-variabel terjadi secara acak (tidak teratur) diperlukan prosedur prediksi yang lebih canggih. Suatu prediksi yang berdasarkan data yang tidak memadai dan tidak akurat, hanya akan menghasilkan suatu tebakan yang belum tentu akurat

4. **Klasifikasi:** Proses klasifikasi obyek-obyek, peristiwa-peristiwa, dan ide-ide dengan menggunakan ciri-ciri khusus yang dipilih membantu saintis menarik generalisasi-generalisasi, yang melahirkan kategorisasi-

kategorisasi dan konsep-konsep baru. Untuk mempelajari alam berikut isinya satu persatu adalah hal yang tidak mungkin. Salah satu cara untuk mempelajari sifat-sifat dari isi alam itu, misalnya tumbuhan adalah dengan cara mengelompokkan tumbuhan itu berdasarkan persamaan, perbedaan yang ada pada tumbuhan tersebut. Oleh karena itu, klasifikasi melibatkan kegiatan identifikasi perbedaan dan persamaan antara berbagai objek yang diamati dan kemudian menggolong-golongkannya berdasarkan karakteristik yang diamati. Termasuk ke dalam proses mengklasifikasi adalah menggolong-golongkan, membandingkan, mengontraskan, dan mengurutkan.

5. **Eksperimen:** Pada dasarnya eksperimen merupakan program dengan desain terencana untuk menguji hipotesis yang diturunkan dari teori. Hipotesis adalah pernyataan prediktif dalam bentuk *jika-maka*, yang diturunkan sebagai konsekuensi teori.

Saintis menggunakan proses eksperimen untuk menemukan efek suatu variabel bebas terhadap variabel bergantung, dengan mengendalikan (mengontrol) faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi variabel bergantung. Eksperimen menyediakan bukti-bukti empiris yang mengkonfirmasi atau menyanggah hipotesis. Kontrol terhadap faktor-faktor yang diduga turut berpengaruh merupakan kunci suatu eksperimen. Semakin baik pengendalian (kontrol) serta akurasi pengukuran terhadap variabel-variabel eksperimen, semakin cermat temuan-temuan eksperimen itu. Sejarah sains memperlihatkan banyak hukum dalam sains diformulasi berdasarkan temuan-temuan eksperimentasi, seperti halnya hukum Mendel, hukum Lavoisier, hukum Kirchoff, dan hukum Henry.

6. **Berhipotesis.** Eksperimen dilakukan untuk menolak atau menerima hipotesis. Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap suatu permasalahan yang ingin dicari jawabannya melalui eksperimen. Hipotesis menyatakan hubungan antara dua variabel, mengajukan perkiraan penyebab sesuatu hal yang terjadi dengan mengungkapkan bagaimana cara melakukan pemecahan masalah.

Berbeda dengan prediksi, inferensi dan interpretasi yang didasarkan pada data atau pola data dan kecenderungan dengan metode induktif, hipotesis didasarkan pada pemahaman suatu teori atau konsep dengan metode deduktif. Berhipotesis berkaitan dengan variabel. Apabila prediksi merupakan proses yang menggunakan observasi atau data sejalan dengan jenis pengetahuan ilmiah untuk meramalkan peristiwa yang belum terjadi, maka berhipotesis lebih melibatkan cara menjelaskannya dengan jalan mengubah salah satu variabel agar variabel lain yang diharapkan dapat terpengaruh.

Walaupun sama-sama menjelaskan hal yang belum terjadi, dalam prediksi tidak ditawarkan cara baru untuk menguji penjelasan atau perkiraannya itu dapat diterima atau tidak. Dalam berhipotesis justru penjelasan akan hal yang belum terjadi itu menawarkan cara baru yang sama sekali berbeda dengan cara sebelumnya. Dalam kegiatan ilmiah, khususnya dalam kegiatan penelitian atau penyelidikan hipotesis sering dinamakan jawaban sementara atau dugaan terhadap rumusan masalah yang berupa pertanyaan.

Berhipotesis disebut jawaban sementara karena memang jawaban tersebut masih perlu diuji kebenarannya untuk dapat diterima atau ditolak. Variabel-variabel dalam suatu kegiatan penyelidikan ilmiah dapat berupa:

- a. Variabel bebas (*independent variable*); variable ini dikendalikan oleh peneliti, dapat berupa suatu faktor atau kondisi dalam sebuah eksperimen yang secara khusus diubah oleh seorang peneliti; Variabel bebas menjadi penyebab atau mempengaruhi suatu hasil, terdiri dari variabel bebas yang dimanipulasi, dikelompokkan dan “predictor”.
- b. Variabel terikat (*dependen variable*): variable yang merespons terhadap variable bebas atau merupakan variabel hasil yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel ini yang diprediksikan di dalam penelitian, dapat berupa suatu faktor atau kondisi yang diduga dapat dipengaruhi oleh perubahan variabel bebas. Variabel terikat merupakan variabel yang diukur dengan menggunakan instrument atau alat pengumpul data dalam suatu penyelidikan.
- c. Variabel kontrol adalah variabel-variabel yang dikendalikan atau dibuat tetap/sama.
- d. Variabel moderator: variabel bebas yang bukan merupakan perhatian utama yang memiliki tingkatan, dan jika digabung dengan tingkatan variabel bebas yang diperhatikan menghasilkan pengaruh yang berbeda.
- e. Variabel *extraneous*: variabel bebas yang memiliki pengaruh yang tidak diharapkan terhadap variabel terikat.

(Farida, 2017).

Dalam ilmu kimia sebagai cabang dari sains terkandung prinsip-prinsip utama pengembangan inkuiri ilmiah yaitu sebagai berikut:

1. Menuntut adanya fakta-fakta: Validitas suatu pernyataan ilmiah dimantapkan dengan mengacu pada pengamatan terhadap gejala. Untuk

- mendapatkan data yang akurat, fakta-fakta diobservasi dengan : 1) menggunakan panca indera dan instrumen yang relevan ; 2) dilakukan dalam setting alami (misalnya ; di hutan) atau di laboratorium ; 3) mengobsevasi secara pasif atau aktif (memanipulasi obyek yang diteliti) ; 4) pengontrolan kondisi atau variabel yang berpengaruh (mis : suhu, konsentrasi). Namun pengontrolan variabel sulit dilakukan bila studi misalnya berkaitan dengan bintang-bintang dan manusia.
2. Memadukan logika dan imajinasi: Konsep-konsep ilmiah tidak muncul hanya dari fakta-fakta yang ditemukan. Oleh karena itu saintis menggunakan imajinasi dan logika untuk mengusulkan hipotesis dan teori-teori agar sesuai prinsip-prinsip dari penalaran logis sehingga dapat diuji kesahihannya. Kadang-kadang dalam penelitian terjadi sesuatu yang tidak terduga, sehingga diperlukan pengetahuan dan kreatifitas agar dapat mengenali hasil yang tak terduga tersebut. Suatu data yang telah diabaikan oleh seorang saintis dapat dijadikan petunjuk baru untuk penelitian oleh saintis lainnya.
 3. Memberikan eksplanasi dan prediksi: Esensi dari sains adalah memvalidasi pengamatan, namun itu saja belum cukup, karena teori-teori hanya cocok untuk pengamatan yang sudah dikenal. Karena itu perlu dilakukan prediksi berdasarkan pola dari fenomena-fenomena yang telah terjadi. Kredibilitas suatu teori bertitik tolak pada : a) kemapanannya dalam memperlihatkan hubungan antara beberapa fenomena yang sebelumnya tampak tidak berhubungan ; b) kemampuan memberikan prediksi antara lain prediksi tentang masa lampau yang sebelumnya tidak ditemukan (mis : teori asal muasal kejadian alam) atau mengenai suatu kejadian yang sulit diamati karena berlangsung lama (mis : teori evolusi bintang) : c) dapat diuji dengan eksperimen sejenis.

4. Berusaha mengidentifikasi dan menghindari bias: Jika dihadapkan pada suatu klaim yang menyatakan kebenaran, saintis meresponnya dengan menanyakan bukti-bukti apa yang mendukungnya. Namun bukti-bukti ilmiah dapat mengalami bias, karena tergantung pada bagaimana data tersebut diinterpretasikan, dicatat atau dilaporkan atau pemilihan kejadian pada saat data tersebut dicatat. Bias tak dapat sepenuhnya dihindarkan, karena dapat diakibatkan oleh penyelidik, sampel, metode atau instrumen. Namun perlu diketahui kemungkinan sumber bias dan bagaimana dapat berpengaruh terhadap fakta. Saintis selalu berusaha menghindari bias dalam pekerjaannya ataupun bersama dengan saintis lain. Untuk menghindari bias yang tidak terdeteksi mereka bekerja bersama-sama agar bisa saling mengontrol pekerjaannya.
5. Sains tidak menganut paham kepatuhan mutlak: Hal tersebut mengandung arti bahwa sains bersifat tentatif dan netral. Bersifat tentative artinya bila sejumlah observasi yang dimaksudkan untuk memverifikasi prediksi tidak mendukung teori sebelumnya, maka teori lama dimodifikasi atau diubah menjadi teori baru. Sedangkan netralitas, berarti sains tidak memihak pada pengaruh kekuasaan apapun, karena teorinya dapat dibantah atau digugurkan sesuai prosedur ilmiah bukan karena otoritas seseorang ataupun penguasa.
6. Upaya-upaya ilmiah dilakukan oleh berbagai dimensi baik oleh perorangan, masyarakat sosial, maupun institusional. Hal ini karena sains/kimia :
 - a. Merupakan aktifitas sosial yang kompleks.
 - b. Terorganisasi ke dalam disiplin konten dan diselenggarakan oleh berbagai institusi.
 - c. Berkontribusi pada pengembangan nilai-nilai dan etika.

- d. Kimiawan ikut ambil bagian dalam tata sosial masyarakat, baik sebagai spesialis maupun warga.

C. Dimensi Sikap

Sikap merupakan suatu kecenderungan untuk bertindak secara suka atau tidak suka terhadap suatu objek. Sikap dapat dibentuk melalui cara mengamati dan menirukan sesuatu yang positif, kemudian melalui penguatan serta menerima informasi verbal. Ilmu kimia membentuk nilai-nilai tertentu, yang seringkali disebut sikap ilmiah. Sikap ilmiah terkait erat dengan dimensi proses dan inkuiri ilmiah. Nilai-nilai tersebut muncul dari sisi hakikat sains/kimia, budaya masyarakat dan ilmuan sains/kimia, dan nilai sehari-hari yang selaras dengan sains/kimia. Sikap ilmiah dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok besar, yaitu:

1. Sikap-sikap yang harus diikuti agar membantu proses pemecahan masalah, antara lain: a) kesadaran pentingnya data-data atau bukti-bukti yang mendukung saat suatu pernyataan; b) kemauan mempertimbangkan interpretasi atau pandangan yang berbeda; c) kemauan melaksanakan secara berhati-hati kegiatan pengujian atau eksperimen atau kegiatan pengujian; dan d) menyadari bahwa penemuan keilmuan bersifat terbatas.
2. Sikap-sikap yang berkaitan dengan cara memandang dunia dan harus dimiliki agar sukses dalam pengembangan karir di masa mendatang, antara lain: 1) keingin-tahuan (*curiosity*) tentang dunia fisik/biologis dan cara kerjanya; 2) pengakuan bahwa sains/kimia dapat membantu pemecahan masalah-masalah individual dan global; 3) rasa antusias untuk menguasai pengetahuan dan metode ilmiah; 4) pengakuan

pentingnya pemahaman keilmuan dalam masa kini; 5) pengakuan sains/kimia merupakan hasil dan kebutuhan aktivitas manusia.

Dengan demikian sikap ilmiah mencakup sikap: keingin tahuan (*curiosity*), sikap ingin mendapatkan sesuatu yang baru (*originality*), bekerja sama (*cooperation*), keuletan, keterbukaan menerima pendapat (*open-mindedness*), ketelitian, mawas diri (*self criticism*), bertanggung jawab (*responsibility*), kedisiplinan diri (*self discipline*) dan kejujuran.

BAB 3. KARAKTERISTIK KIMIA DAN HUBUNGANNYA DENGAN PEMBELAJARAN KIMIA

Representasi merupakan suatu cara untuk mengekspresikan fenomena, objek, kejadian, konsep-konsep abstrak, gagasan, proses mekanisme dan bahkan sistem. Representasi digunakan untuk berbagai tujuan untuk menyajikan kembali (*re-present*) suatu kenyataan, hipotetikal atau entitas imajinatif tanpa memperhatikan sifat-sifat alaminya. Karakteristik konsep-konsep sains secara semiotik bersifat *multimodal* atau memiliki berbagai bentuk mode representasi (Gilbert & Treagust, 2009). Sebagaimana halnya konsep-konsep sains, secara inheren representasi konsep-konsep kimia bersifat *multimodal*, karena melibatkan kombinasi lebih dari satu mode representasi.

Karakteristik konten kimia ditinjau dari teori representasi menunjukkan bahwa fenomena kimia melibatkan pengamatan-pengamatan yang kasat mata dan level partikulat berukuran nanoskopik, sehingga dapat dibedakan menjadi tiga level representasi yaitu level representasi makroskopik, submikroskopik dan simbolik (Farida, *et al*, 2017). Deskripsi setiap level representasi kimia sebagai berikut:

1. Representasi makroskopik berkaitan dengan pengamatan nyata (*tangible*) terhadap suatu fenomena yang dapat dilihat (*visible*) dan dipersepsi oleh panca indra (*sensory level*), baik secara langsung maupun tak langsung. Perolehan pengamatan itu dapat melalui pengalaman sehari-hari, penyelidikan di laboratorium secara aktual, studi di lapangan dan secara tak langsung melalui simulasi. Contohnya: terjadinya perubahan warna,

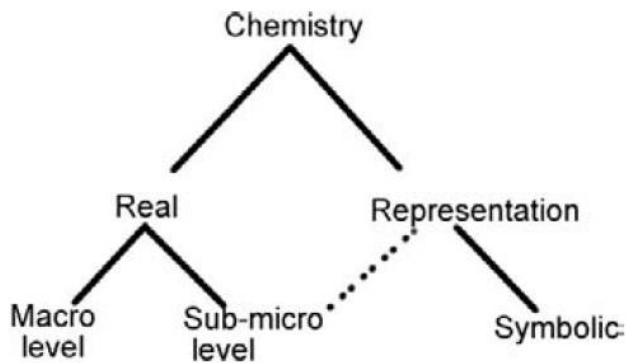
suhu, pH larutan, pembentukan gas dan endapan yang dapat diobservasi ketika suatu reaksi kimia berlangsung.

2. Representasi submikroskopik merupakan representasi kimia yang menjelaskan dan mengeksplanasi mengenai struktur dan proses pada level partikel (atom/molekular) terhadap fenomena makroskopik yang diamati. Penggunaan istilah submikroskopik merujuk pada level ukuran yang direpresentasikannya lebih kecil dari level mikroskopik. Level representasi submikroskopik yang dilandasi teori partikulat materi digunakan untuk mengeksplanasi fenomena makroskopik dalam term gerakan partikel-partikel, seperti gerakan elektron-elektron, molekul-molekul dan atom-atom. Entitas submikroskopik tersebut nyata (*real*), namun terlalu kecil untuk diamati. Pemahaman pada level submikroskopik memerlukan kemampuan berimajinasi dan memvisualisasikan. Ekspresi mode representasi submikroskopik dapat digambarkan secara sederhana, menggunakan kata-kata, diagram, gambar, model dua dimensi atau tiga dimensi, baik yang statis maupun dinamis (berupa animasi).
3. Representasi simbolik adalah representasi kimia secara kualitatif dan kuantitatif. Representasi simbolik dapat berupa rumus kimia, persamaan reaksi, stoikiometri dan perhitungan matematik. Menurut Taber (2009), representasi simbolik bertindak sebagai bahasa persamaan kimia (*the language of chemical equation*), sehingga terdapat aturan-aturan (*grammatical rules*) yang harus diikuti. Level representasi simbolik ini menyajikan abstraksi kualitatif dan kuantitatif dari setiap unit-unit penggambaran level submikroskopik. Abstraksi-abstraksi itu digunakan sebagai singkatan (*shorthand*) dari entitas pada level submikroskopik dan

juga menunjukkan secara kuantitatif seberapa banyak setiap jenis unit yang disajikan pada tiap level.

(Gilbert, J. K., & Treagust, 2009)

Level-level representasi kimia digunakan untuk mendeskripsikan bagaimana data-data kimia disajikan dan digambarkan. Level representasi makroskopik bersifat deskriptif dan fungsional, dan level submikroskopik bersifat representasional dan eksplanatori. Level representasi simbolik digunakan untuk mengkomunikasikan (sebagai mediator) fenomena pada level makroskopik dan submikroskopik. Terdapat adanya perbedaan pandangan antara kimiawan dan pendidik kimia mengenai realitas dari level submikroskopik. Kimiawan meyakini level submikroskopik sebagai suatu realitas, karena menganggap karakteristik *real* dan *visible* dari level makroskopik dengan level submikroskopik untuk substansi yang sama hanya dibedakan oleh skala. Level submikroskopik dianggap kimiawan sebagai realitas dari level makroskopik, karena hanya skala yang membedakannya. Namun bagi banyak pendidik kimia meyakini sebagai representasi dari model teoritis. Hubungan itu digambarkan dalam diagram pada gambar 2.1.



Gambar 3. 1 Bagan hubungan tiga level representasi

Pada masa kini, memang kimiawan sudah dapat mengobservasi perilaku atom atau molekul menggunakan mikroskop elektron (meskipun tidak selalu ‘realtime’), sehingga diklasifikasikan sebagai realitas dari suatu konstruk teoritis. Namun demikian, tidaklah mungkin untuk melihat bagaimana atom berinteraksi, untuk hal ini kimiawan mengandalkan teori. Teori ini bersandar pada model-model, jadi jika kita menggambarkan suatu atom, maka kenyataannya kita menggambarkan model atom atau sejumlah gambar atom yang dilandasi berbagai model (Taber, 2009)

Secara teoritik, level submikroskopik sangat esensial untuk eksplanasi kimia. Representasi simbolik dari atom dan molekul seringkali hanyalah suatu rekaman sekejap yang difokuskan hanya pada reaksi yang berhasil terjadi. Reaksi yang gagal atau probabilitas keberhasilan reaksi tidak ikut direpresentasikan. Hal tersebut, karena representasi simbolik tidak dapat menyajikan teori kinetika molekuler yang berkaitan dengan gerakan partikel, seperti kecenderungan jumlah spesi kimia yang bergerak konstan, saling bertumbukan, tumbukan-tumbukan yang tidak efektif dan gagal menghasilkan reaksi (Taskin, Bernholt, & Parchmann, 2017).

Level representasi submikroskopik tak dapat dilihat secara langsung, sedangkan prinsip-prinsip dan komponen-komponenya yang kini diakui sebagai kebenaran dan nyata tergantung pada model teoritik yaitu teori atom. Definisi ilmiah dari teori diperkuat oleh gambaran atom (model) yang mengalami berulang kali perbaikan. Ilmuwan masa kini meyakini adanya distribusi elektron dalam atom, namun interaksi antara proton dan neutron di dalam inti atom masih memerlukan penyelidikan lebih lanjut.

Representasi simbolik termasuk di dalamnya diagram level submikroskopik sangat penting untuk mengkomunikasikan karakteristik tersebut. Dualitas yang unik dari representasi kimia seperti diagram kimia yang menghubungkan baik level makroskopik dan submikroskopik secara simultan menunjukkan sifat kimia yang kompleks dan secara signifikan menantang kemampuan intelektual agar dapat membuat interkoneksi antara ketiga level tersebut.

Karakteristik ilmu kimia sebagaimana dideskripsikan di atas merupakan patokan yang digunakan untuk merancang pembelajaran. Pendekatan dan metode yang akan diterapkan dalam pembelajaran ilmu kimia semestinya memperhatikan karakteristik ilmu kimia itu pada umumnya dan secara khusus memperhatikan karakteristik konsep atau subkonsep dalam ilmu kimia, sehingga pembelajaran ilmu kimia itu efektif.

Keberhasilan seseorang belajar kimia melibatkan konstruksi asosiasi mental antara level-level representasi makroskopik, submikroskopik dan simbolik menggunakan berbagai mode representasi yang (Ida Farida, Liliyasi, Widyantoro, & Sopandi, 2010). Pengamatan fenomena kimia

secara makroskopik merupakan basis kimia, eksplanasi fenomena tersebut dilandasi level representasi submikroskopik dan simbolik.

Konsekuensinya, aspek penting untuk menurunkan eksplanasi tergantung pada kemampuan peserta didik untuk memahami peranan setiap level representasi dan kemampuan untuk mentransfer satu level ke level lain. Dari pengamatan terhadap perubahan makroskopik, peserta didik harus mengeksplanasi level makroskopik ini ke level partikel (submikroskopik). Tingkat partikulat pada gilirannya direpresentasikan oleh simbol-simbol dan rumus (level simbolik). Namun demikian di sisi lain, faktanya level submikroskopik tidak dapat dilihat, sehingga sulit sekali dianggap sebagai realitas. Perbedaan antara realitas dan representasi itu jarang dikonfrontasikan, sehingga sering diasumsikan dapat dimengerti dengan sendirinya.

Dengan demikian, pemahaman tentang tiga jenis representasi yang digunakan dalam kimia: makroskopis, submikroskopis dan simbolik merupakan landasan dalam berbagai penjelasan yang menyumbang terhadap ‘literasi kimia’. Karena itu, tantangan bagi guru/dosen dan pengembang kurikulum adalah kapan dan bagaimana mengenalkan ketiga level representasi tersebut dan keterhubungannya, agar terhindar dari konsep-konsep alternatif dan miskonsepsi yang banyak ditunjukkan oleh hasil-hasil penelitian (Rahayu, 2012)

Dengan menggabungkan hakikat kimia dan kajian multiple representasi, berikut ini karakteristik ilmu kimia dan hubungannya dengan pembelajaran kimia.

1. Konsep, prinsip, aturan, hukum, dan teori dalam ilmu kimia diperoleh dengan metode ilmiah dengan pendekatan teoritis dan pendekatan

eksperimental. Metode ilmiah terdiri dari tahapan proses proses ilmiah untuk mendapatkan produk ilmiah (konsep, prinsip, aturan, hukum). Jadi ilmu kimia mencakup dua hal yaitu kimia sebagai *produk* dan kimia sebagai *proses*. Pada pembelajaran ilmu kimia siswa bukan hanya diberikan konsep-konsep yang merupakan hasil metode ilmiah, tetapi harus diarahkan untuk melakukan proses sehingga mempunyai keterampilan atau sikap seperti yang dimiliki oleh para ilmuwan untuk memperoleh dan mengembangkan pengetahuan. Kegiatan pembelajaran ilmu kimia lebih diarahkan kepada kegiatan yang mendorong siswa belajar lebih aktif, baik secara fisik, sosial, maupun psikis dalam memahami konsep. Pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik ilmu kimia diantaranya adalah inkuiri, saintifik, kontekstual, pemecahan masalah, pembelajaran berbasis proyek, dan lain-lain. Pendekatan-pendekatan tersebut menekankan pada pembentukan keterampilan berpikir, bekerja ilmiah untuk membangun pengetahuan, dan mengkomunikasikan perolehannya. Sedangkan metode yang digunakan dalam proses pembelajaran antara lain metode eksperimen, metode demonstrasi, metode diskusi. Dengan pendekatan dan metode-metode itu diharapkan siswa dapat merasakan bagaimana konsep itu ditemukan.

2. Sebagian besar kajian ilmu kimia bersifat abstrak dan submikroskopis, karena membahas atom dan molekul yang tidak nampak. Atom, molekul, elektron, ikatan kimia, semua ini merupakan ciri dunia kimia yang tidak nampak yang dalam proses pembelajaran harus dikongkritkan. Pengkongkritan ini biasanya dilakukan dengan menggunakan model-model atau analogi-analogi. Misalnya model atom, model molekul air, model KBr padat yang bersifat ion, atau model larutan KBr dalam air.

Dengan model saja kadang-kadang siswa belum dapat memahami keadaan suatu larutan. Misalnya pada kajian larutan elektrolit, bagaimana gambaran larutan elektrolit yang dapat menghantarkan listrik, bagaimana gambaran nonelektrolit, gambaran elektrolit kuat, lemah, dan sebagainya. Untuk lebih memahami suatu larutan elektrolit diperlukan analogi atau gambar analogi. Misalnya, larutan elektrolit dianalogikan dengan sekrup dan mur. Elektrolit kuat dianalogikan sebagai sejumlah sekrup dan mur yang sebagian besar terlepas dan sebagian kecil masih bersatu, larutan nonelektrolit digambarkan dengan sekrup dan mur yang semuanya masih bersatu. Elektrolit lemah digambarkan dengan sebagian besar sekrup dan mur masih bersatu dan sebagian kecil terlepas. Masih banyak konsep-konsep kimia yang perlu di buat model-model atau analogi-analogi, namun jangan sampai bahwa konsep ilmu kimia yang dimodelkan atau dianalogikan itu dibayangkan sama dengan model atau analoginya. Istilah pemodelan seringkali digunakan secara luas mencakup representasi ide, obyek, kejadian, proses atau sistem. Namun yang dimaksud dengan pemodelan dalam kimia adalah representasi fisik atau komputasional dari komposisi dan struktur suatu molekul atau partikel (level submikroskopik). Representasi struktur suatu molekul atau model partikel (submikroskopik) tersebut dapat berupa model fisik, animasi atau simulasi. Kemampuan pemodelan tersebut sangat penting untuk mencapai keberhasilan menggunakan representasi kimia. Contohnya: ketika peserta didik memikirkan suatu model kimia, terbentuklah hubungan antara suatu analogi dan target yang dianalogikan sebagai representasi simbolik (yang dapat berbeda-beda jenisnya) dengan dua target real yaitu level submikroskopik (target 1) dan level makroskopik

- (target 2). Dalam hal ini, representasi simbolik merupakan analogi dari level makro dan submikroskopik yang menjadi target.
3. Kajian ilmu kimia meliputi pula pengukuran-pengukuran besaran atau melibatkan perhitungan kimia. Hitungan dalam ilmu kimia tidak hanya sekedar memecahkan soal-soal yang terdiri dari angka-angka (soal numerik), tetapi seringkali soal numerik tersebut tergantung pada fakta, aturan, hukum-hukum ilmu kimia. Oleh karena itu penyelesaian hitungan kimia memerlukan penguasaan fakta, aturan, atau hukum-hukum ilmu kimia.
 4. Ilmu kimia sangat erat dengan fenomena alam dan kehidupan sehari-hari. Ilmu kimia ada di alam dan dekat dengan kehidupan manusia sehari-hari. Pada pembelajaran diperlukan contoh-contoh obyek nyata yang ada di alam atau kehidupan sehari-hari. Misalnya konsep konsentrasi larutan dapat dikaitkan dengan proses pembuatan teh sehari-hari dan banyak gula menentukan manisnya teh. Perubahan warna kunyit yang mengenai baju sewaktu baju tersebut dicuci dengan sabun, dapat dikaitkan dengan konsep indikator. Mengamati kondisi lingkungan untuk mendeteksi pencemaran lingkungan di sungai dll, perlu dilakukan, agar siswa dapat tanggap terhadap lingkungan, dan dapat membangun konsep pengetahuannya melalui interaksi dengan lingkungan.
 5. Ilmu kimia merupakan penyederhanaan dari keadaan sebenarnya. Sebagian besar material di alam merupakan campuran zat kimia yang rumit dan sukar untuk dipelajari. Karena itu, diperlukan penyederhanaan dalam memahami perilaku material di alam dengan menganggap serupa dengan perilaku sistem-sistem yang dapat di amati di laboratorium. Penyederhanaan ini, menjadi bagian yang penting dicermati, karena sebenarnya perilaku sistem-sistem yang disederhanakan sangat berbeda

dengan yang terdapat di alam. Oleh karena itu perlu berhati-hati menghubungkan ilmu kimia dengan obyek di alam.

6. Konsep-konsep dalam ilmu kimia sifatnya berurutan (mempunyai hirarki tertentu) dan saling berkaitan. Misalnya konsep ikatan kimia tidak akan dapat dipelajari tanpa pengetahuan tentang atom. Demikian pula pH tidak dapat dipelajari tanpa memahami apa arti konsentrasi dan keseimbangan ion H_3O^+ . Itulah sebabnya pada pembelajaran diperlukan prasyarat pengetahuan yang berhubungan dengan konsep yang akan dibahas sehingga siswa mengetahui kaitan konsep terdahulu dengan konsep yang akan dipelajari. Oleh karena itu, diperlukan peta konsep yang menyeluruh untuk konsep-konsep esensial.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian, pokok utama permasalahan pendidikan kimia adalah kesulitan belajar kimia yang dihadapi para peserta didik. Gilbert & Treagust (2009) merangkum dari berbagai hasil penelitian mengenai masalah yang dihadapi peserta didik, yaitu:

1. Lemahnya pengalaman peserta didik pada level makroskopik, karena tidak tersedianya pengalaman praktik yang tepat atau tidak terdapatnya kejelasan apa yang harus mereka pelajari melalui kerja lab (praktikum).
2. Terjadinya miskonsepsi pada level submikroskopik, karena kebingungan pada sifat-sifat partikel materi dan ketidak-mampuan untuk memvisualisasikan entitas dan proses pada level submikroskopik
3. Lemahnya pemahaman terhadap kompleksitas konvensi yang digunakan untuk merepresentasikan level simbolik.
4. Ketidak-mampuan untuk ‘bergerak’ antara ketiga level representasi.

Kurikulum dan adanya asumsi kebutuhan setiap orang perlu memiliki pengetahuan kimia (literate terhadap kimia atau literasi kimia) menjadikan kimia sebagai materi subyek yang wajib dipelajari. Karena itu, diperlukan penelitian-penelitian Pendidikan kimia yang mendalam untuk memecahkan fenomena belajar kimia yang mempunyai kompleksitas tinggi.

BAB 4. PENGETAHUAN PEDAGOGI KONTEN KIMIA

Pendidik (guru dan dosen) dalam mengajar dan membimbing peserta didik perlu berlandaskan pengetahuan (*knowledge based*). Pengetahuan itu menjadi kerangka acuan pendidik untuk bertindak secara professional terhadap fenomena yang muncul dalam konteks pembelajaran. Basis pengetahuan mengajar (*knowledge base for teaching*) yang dimiliki itu dapat membedakan kepiawaian satu pendidik dengan pendidik lainnya. Perolehan basis pengetahuan tersebut dapat diperoleh dengan berbagai cara, antara lain diskusi dengan teman sejawat, seminar, workshop, pengalaman professional, buku-buku dan penelitian ilmiah (Firman, 2015).

Grossman (dalam Thoren, et.al 2000) mengungkapkan bahwa basis pengetahuan untuk mengajar mencakup : 1) Pengetahuan materi subyek (*subject-matter knowledge*), 2) Pengetahuan pedagogi umum (*general pedagogical knowledge*), 3) Pengetahuan pedagogi konten (*pedagogical content knowledge* atau PCK) dan 4) Pengetahuan terhadap konteks (*knowledge of context*), disajikan dalam bentuk model ‘*Knowledge Base Teaching*’ sebagai berikut :

Table 1
Knowledge components in different conceptualizations of pedagogical content knowledge

Scholars	Knowledge of:						
	Subject matter	Representations and Strategies	Student Learning and Conceptions	General Pedagogy	Curriculum and Media	Context	Purposes
Shulman (1987)	a	PCK	PCK	a	a	a	a
Grossman (1990)	a	PCK	PCK	a	PCK	a	PCK
Marks (1990)	PCK	PCK	PCK	b	PCK	b	b
Cochran, et al. (1993)	PCKg	b	PCKg	PCKg	b	PCKg	b
Fernández-Balboa & Stiehl (1995)	PCK	PCK	PCK	b	b	PCK	PCK

^aDistinct category in the knowledge base for teaching.

^bNot discussed explicitly.

Gambar 4. 2. Komponen Pedagogi pengetahuan konten (PCK)

Pengetahuan pedagogi konten (PCK) adalah hasil amalgasi materi subyek dengan pedagogi umum. Pengetahuan pedagogi konten tersebut merupakan bentuk representasi dari materi subjek. Oleh karena itu program persiapan guru sains hendaknya memfokuskan pada konstruksi pengetahuan pedagogi konten (PCK). Jadi calon guru dituntut untuk mampu mengorganisasi struktur pengetahuan konten materi subyeknya dan dapat mengintegrasikan kemampuan tersebut dengan pengetahuan pedagogi konten (PCK).

Pengetahuan untuk mengajar yang penting untuk mendukung profesionalisme pendidik dapat berupa pengetahuan teoritik (*theoretical knowledge*) dan pengetahuan praktis (*practical knowledge*). Pengetahuan teoritik bersumber dari hasil kajian pakar berdasarkan temuan-temuan penelitian. Pengetahuan ini diperlukan pendidik untuk memahami atau memberikan penjelasan apa yang menyebabkan suatu fenomena pembelajaran terjadi (menjawab pertanyaan ‘mengapa’).

Pengetahuan praktis diperoleh dari hasil refleksi pengalaman atau diskusi dengan teman sejawat melalui penelitian atau kajian yang dilakukan pendidik dalam konteks pembelajaran. Pengetahuan praktis diperlukan untuk mengarahkan tindakan-tindakan professional yang harus dilakukan pendidik dalam konteks pembelajaran. Ilmuwan dengan ekplanasi ilmiahnya mengkomunikasikan hasil temuannya pada rekan sejawat sesama ilmuwan, kemudia ia pun membuat sebuah konten materi subyek (bisa berupa buku atau publikasi ilmiah dalam bentuk jurnal, makalah, dll). Materi subyek ini yang diajarkan kepada siswa di sekolah. Namun materi subyek yang merupakan eksplanasi ilmiah harus ditransfer terlebih dahulu menjadi eksplanasi pedagogi, agar mudah dipahami siswa (*accessible*) dan mudah diajarkan oleh guru (*teacheable*). Ekplanasi pedagogi menggabungkan ilmu pedagogi dan ilmu psikologi, sehingga materi subyek menggunakan sajian sesuai dengan tingkat keterampilan berpikir siswa.

Interaksi antara pengetahuan konten materi subjek dengan pedagogi nampak dari cara guru menggunakan representasi dalam memberikan penjelasan. Salah satu cara pengembangan PCK guru dan calon guru adalah menggunakan model representasi mengajar berdasarkan *Pedagogik Materi Subjek* (PMS) yang dikonseptualisasi oleh Dahar dan Siregar (2000). PMS merupakan pengembangan pengetahuan pedagogi konten pada area materi subyek. Pedagogi materi subyek (PMS) memfokuskan pada pembahasan mengenai peranan struktur materi subyek dalam konteks proses belajar mengajar, sehingga diperlukan pengembangan PCK guru melalui model representasi mengajar.

Kimia sebagai materi subyek terdiri dari pengetahuan *konten*, aspek *substansi* dan aspek *sintaktikal* (Grossman, dalam Bell :2007). Pengetahuan

konten didefinisikan sebagai pengetahuan struktur *substantif* dan *sintaktikal* suatu disiplin ilmu. Pengetahuan *substantif* merupakan pengetahuan mengenai aspek konsep kimia teoritis, antara lain: definisi, fakta-fakta, konsep-konsep dan prinsip-prinsip. Struktur logika, model-model yang terkandung dalam suatu area konten pengetahuan sintaktikal merupakan wujud dasar pengembangan keilmuan dalam wacana membangun pengetahuan.

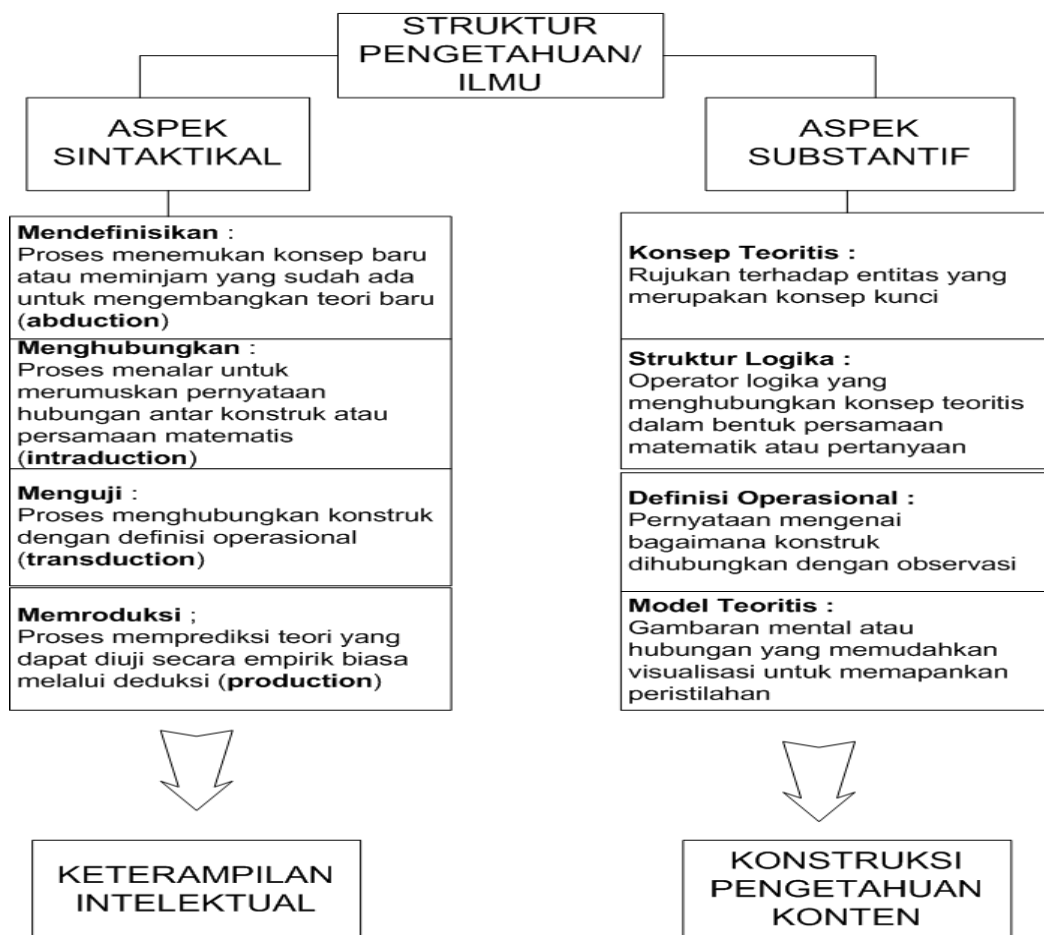
Dalam konteks pedagogi, aspek sintaktikal berhubungan dengan tugas merekonstruksi pengetahuan dalam bentuk yang lebih sederhana. Aspek pedagogi konten itu dikonstruksi menjadi substansi yang tetap mengikuti dasar pengembangan (hukum, aturan, teori, dsb) dan dasar validasi (metodologi) materi subjek. Aspek sintaktikal diperlukan untuk memudahkan operasionalisasi keterampilan intelektual menurut tindakan-tindakan kognitif yang diterapkan terhadap materi subjek.

Dapat diilustrasikan bahwa *konten* adalah batu bata, *substansi* merupakan bangunan, sehingga keterampilan mengkonstruksi bangunan menggunakan batu-bata merupakan aspek *sintaktikal*. Eksplanasi merupakan produk dari penerapan komponen eksplanan terhadap komponen lain yakni eksplanandum secara deduktif dan eksplisit berdasarkan hukum dan teori. Eksplanasi (penjelasan) mempunyai dua komponen yaitu eksplanan (yang menjelaskan) dan eksplanandum (yang dijelaskan). Berdasarkan eksplanan dan eksplanandum ini, eksplanasi dapat dibedakan atas eksplanasi ilmiah dan eksplanasi pedagogi.

Eksplanasi ilmiah merupakan hasil produksi operasi fungsi sintaktikal terhadap fungsi *substantif* dari suatu pengetahuan untuk

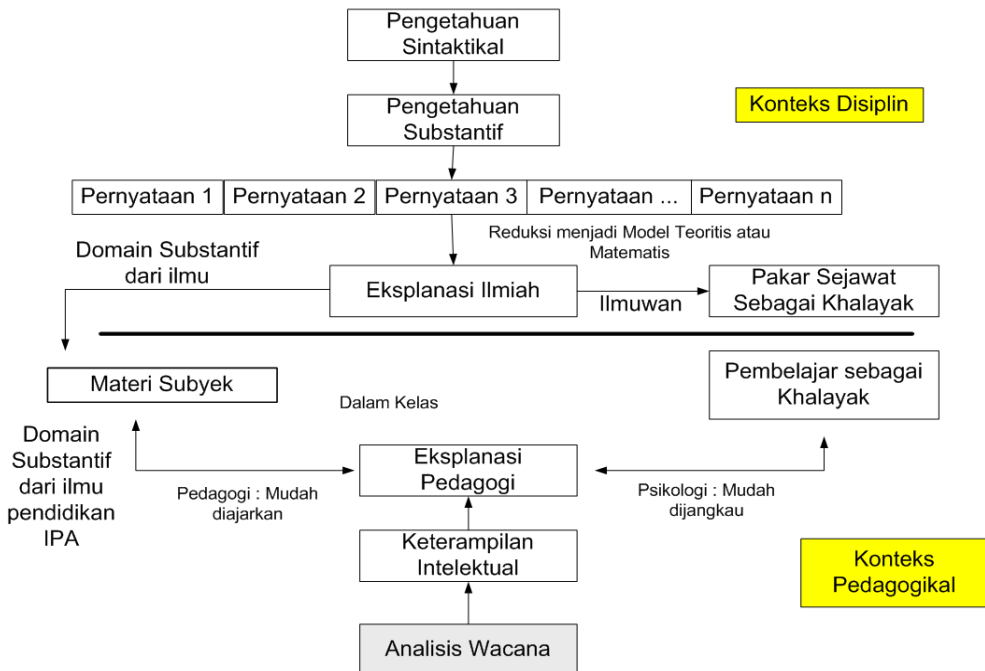
membentuk berbagai pernyataan. Dalam eksplanasi ilmiah, fenomena alam memerankan fungsi eksplanandum, sedangkan sedangkan fungsi eksplanan diperankan oleh teori, hukum, dan lain-lain. Fungsi sintaktikal dijalankan sesuai dengan hukum dan teori yang berlaku pada suatu disiplin ilmu. Hasil dari pengembangan teori dan hukum ini digabungkan membentuk pernyataan-pernyataan ilmiah untuk dikonsumsi para pakar.

Berikut ini adalah bagan struktur pengetahuan yang menghubungkan aspek substantif dan sintaktikal



Gambar 4. 3 Bagan hubungan antara aspek sintaktikal dan substantif

Dalam eksplanasi pedagogi, fungsi eksplanandum diperankan oleh materi subyek dan fungsi eksplanan diperankan oleh pedagogi materi subyek. Hubungan antara eksplanasi ilmiah dan eksplanasi pedagogi dipetakan pada gambar 3.



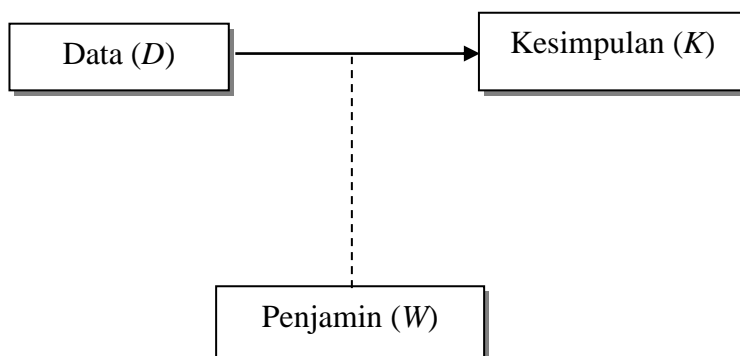
Gambar 4. 4 Hubungan antara Konteks Disiplin dan Konteks Pedagogikal

Pemetaan kedua jenis eksplanasi adalah untuk menjelaskan perbedaan yang mendasar antara keduanya yaitu khalayak sasaran. Sasaran eksplanasi ilmiah adalah para pakar sedangkan sasaran eksplanasi pedagogi adalah peserta didik.

Dalam konteks disiplin ilmu, materi subyek pada rujukan (jurnal-jurnal ilmiah) umumnya merepresentasikan *eksplanasi ilmiah* yang lebih ditujukan pada pakar sejawat sebagai khalayak. Dalam konteks pedagogi,

suatu materi subyek yang disajikan kepada peserta didik sebagai khalayak harus direpresentasikan dengan *eksplanasi pedagogi* agar memenuhi kriteria mudah diajarkan dan mudah dijangkau. Oleh karena itu dalam merancang pengajaran sains, para pengajar (guru, dosen, dsb) harus memahami adanya dua jenis eksplanasi tersebut.

Eksplanasi mempunyai suatu ketentuan validasi tertentu. Validitas eksplanasi ditentukan oleh keterpaduannya dalam membangun suatu argumentasi. Keterpaduan ini didasarkan pada Model Argumentasi Toulmin. Model ini menggunakan aspek substantif sebagai dasar untuk mengembangkan eksplanasi. Model ini membuka jalan untuk mendeskripsikan variasi proses mengkonstruksi pengetahuan dalam interaksi kelas. Dengan demikian, upaya mengembangkan eksplanasi mencakup tahapan pemecahan masalah dan pengembangan setiap tahapan tersebut menggunakan unsur-unsur materi subyek berupa hukum, teori, dan data.



Gambar 4. 5 Model Argumentasi Toulmin

Data (Data) adalah sesuatu yang diperlukan untuk dapat mulai membangun eksplanasi. Penjamin atau dukungan (Warrant) adalah langkah yang diambil dari data menuju ke kesimpulan (*Klaim*). Dalam silogisme,

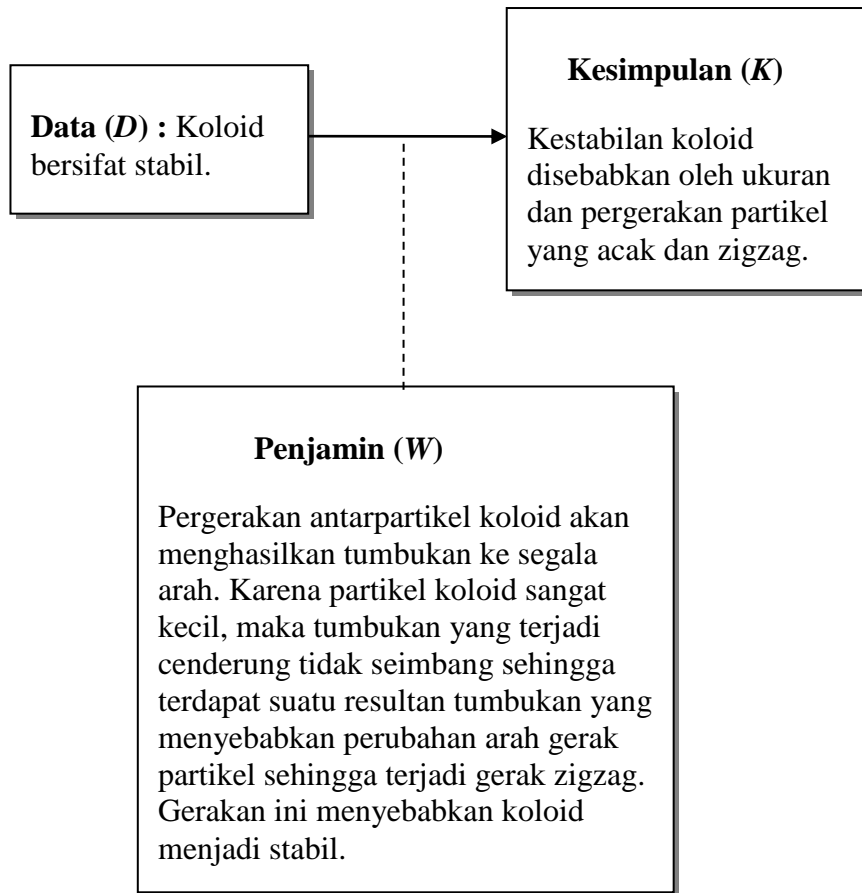
penjamin adalah teori, hukum, aturan, dan lain-lain yang dapat disamakan dengan premis mayor, sedangkan data disamakan dengan premis minor.

Proses eksplanasi dapat berlangsung mengikuti keinginan terhadap komponen mana yang ingin dipertahankan seperti:

1. Argumen dibangun dengan memulainya dari data dan merumuskan kesimpulan menggunakan penjamin yang sudah dimapankan. Argumen seperti ini disebut Argumen Menggunakan Penjamin.
2. Argumen dibangun dengan penjamin sebagai komponen yang perlu dimapankan. Penjamin menempati posisi *klaim*, sedangkan data menempati posisi *warrant*. Argumen seperti ini disebut Argumen Memapankan Penjamin.

Penjamin atau dukungan (*warrant*) dapat dibedakan ke dalam tiga jenis, yaitu *knowledge defects*, *reasoning defects*, dan *explanation defects*. *Knowledge defects* berhubungan dengan aspek substantif, *reasoning defects* berhubungan dengan keterampilan intelektual, sedangkan *explanation defects* berhubungan dengan perubahan aspek substansi ke bentuk lain seperti yang dituntut oleh suatu pertanyaan atau pemecahan masalah.

Argumentasi Toulmin diterapkan pada materi koloid salah satunya untuk menjelaskan kestabilan koloid yang disebabkan oleh ukuran partikelnya yang kecil dan selalu bergerak secara acak dan zigzag. Argumen dijelaskan dengan menggunakan penjamin (*W*).



Gambar 4. 6. Contoh Argumentasi Sistem Koloid

Eksplanasi tentu saja tidak bersifat mekanistik seperti model yang digambarkan, tetapi merupakan suatu proses pemroduksian yang tidak hanya menyangkut nalar dan pengetahuan, tetapi juga kemampuan membuat eksplanasi. Proses ini bersifat kreatif dan inovatif untuk setiap topik materi subyek. Dengan demikian, eksplanasi merupakan suatu kerangka untuk memberikan hubungan argumentatif antara kejadian-kejadian atau proses dan kesimpulan mengenai gejala-gejala dalam suatu konteks tertentu.

Berdasarkan uraian di atas dapat dilihat bahwa materi subyek berfungsi ganda yang berbeda, yaitu terhadap *eksplanasi ilmiah* dan

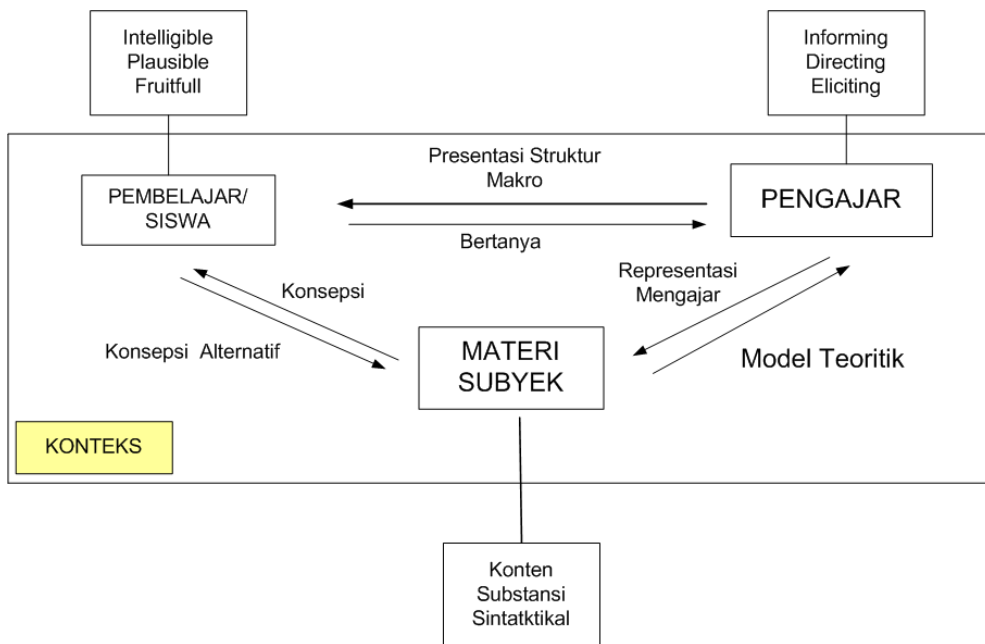
eksplanasi pedagogi. Tugas guru adalah mentransformasikan materi subyek agar dapat dipresentasikan kepada siswa. Transformasi materi subyek ke dalam eksplanasi pedagogi harus memenuhi kriteria mudah diajarkan (*teachable*) dan mudah dijangkau (*accessible*).

Mudah diajarkan (*teachable*) berhubungan dengan tugas memanipulasi materi subyek agar sesuai dengan kondisi intelektual peserta didik yang bervariasi. Mudah dijangkau (*accessible*) merujuk pada transformasi materi subyek menurut kriteria psikologi pembelajaran (Siregar, 1998). Kriteria mudah dijangkau adalah *intelligible* (dimengerti sebagai prosedur), *plausible* (dimengerti sebagai prosedur), *fruitfull* (dimengerti karena dapat digunakan)

Pemenuhan fungsi *teachable* dan *accessible* dalam eksplanasi pedagogi diperlukan untuk menjaga kejelasan dan ketepatan materi subyek seperti yang diinginkan para pakar. Hal ini disebabkan karena secara lokal eksplanasi pedagogi dapat dipandang sebagai suatu sistem eksplanasi dimana teori dan hukum tetap berfungsi sebagai eksplanan terhadap fenomena.

PBM (Proses Belajar Mengajar) merupakan suatu fenomena *wacana membangun pengetahuan* yang membentuk suatu *totalitas* dan dikendalikan oleh *logika internal*. Istilah fenomena wacana memberi makna adanya suatu fenomena interaksi, berupa *interaksi sosial* dan *interaksi kognitif*.

Interaksi sosial dalam kegiatan belajar mengajar berlangsung dalam hubungan ketergantungan antara tiga komponen totalitas PBM yaitu pengajar, peserta didik dan materi subyek. Interaksi kognitif antara ketiga komponen totalitas PBM dikendalikan oleh *logika-internal*. Antar hubungan Komponen-komponen PBM digambarkan dalam bagan 4 berikut ini :



Gambar 4. 7 Antar hubungan Komponen-komponen PBM

Mengingat guru dan peserta didik merupakan pelaku-pelaku yang lebih mengendalikan arah PBM, maka pendalaman terhadap proses mengkonstruksi pengetahuan itu perlu diarahkan pada interaksi antara kedua pelaku ini. Analisis wacana merupakan metode yang penting untuk memahami secara mendalam proses mengkonstruksi pengetahuan yang interaksinya dalam PBM diarahkan dan dikendalikan oleh pengajar dan peserta didik

Dukungan terhadap konsep ‘logika internal’ PBM dikemukakan oleh Hosford (dalam Dahar & Siregar, 2000) yang menyatakan : ‘Kejadian-kejadian dalam kelas selalu mempengaruhi laju dan arah perubahan pengajaran’. Pengendalian PBM oleh logika internal diwujudkan melalui :

Tindakan pengajar terhadap materi subyek : Agen pengendali utama dalam proses mengkonstruksi pengetahuan dipegang oleh *pengajar* (guru). Pengajar berperan mengendalikan wacana kelas selama PBM berlangsung yang meliputi tugas *mengorganisasikan materi subyek* (model representasi mengajar) dan *mempresentasikannya* (struktur makro) selama PBM

Tindakan pedagogi pengajar terhadap peserta didik dalam mengkonstruksi pengetahuan memerlukan ketrampilan eksplanasi. Keterampilan eksplanasi adalah penyajian informasi secara lisan yang diorganisasikan secara sistematis untuk menyajikan hubungan antar informasi satu dengan yang lainnya . Adapun bentuk penyajian materi subyek dapat dilakukan dengan cara:

1. *Informing* : penyajian materi subyek kepada siswa hanya berupa informasi saja, tanpa siswa tahu bagaimana informasi itu dirumuskan
2. *Eliciting (pemilahan)* : kegiatan penyajian materi subyek yang lebih dalam dengan melakukan pemilahan materi untuk memudahkan pemahaman siswa
3. *Directing* : kegiatan penyajian materi subyek yang menyertakan siswa sebagai penilai dan pemberi persetujuan serta keputusan berdasarkan materi yang telah disampaikan sebelumnya dengan disertai bimbingan guru

Bentuk penyajian materi subyek yang digunakan sesuai dengan kondisi siswa dan tuntutan *keterampilan intelektual* yang dikembangkan dalam PBM .Tindakan responsif peserta didik terhadap tindakan pengajar tersebut (misalnya : bertanya)

Dalam PBM yang menekankan konstruksi pengetahuan, kegiatan utama yang berlangsung adalah berpikir atau pengembangan keterampilan intelektual. Karenanya, pengorganisasian materi subyek dilakukan dengan menggunakan keterampilan intelektual untuk mengembangkan suatu eksplanasi.

Keterampilan intelektual adalah kemampuan menggunakan pengetahuan untuk memecahkan masalah. Dalam proses pembelajaran, pengetahuan bersumber dari materi subyek. Elaborasi terhadap materi subyek dilakukan menurut aturan intelektual yang elemennya adalah keterampilan intelektual (Siregar, 1998). Keterampilan intelektual dapat menunjukkan bagaimana guru (pengajar) mengorganisasikan materi subyek secara logis. Pengorganisasian materi subyek dilaksanakan berdasarkan jenis-jenis tindakan wacana yang dilakukan guru selama proses pembelajaran.

Dengan menggunakan aspek sintaktikal, keterampilan intelektual beroperasi terhadap aspek substantif. Dengan demikian dalam PBM, tidak hanya berlangsung fasa eksplorasi, tetapi juga fasa argumentasi (terutama pada jenjang pendidikan yang lebih tinggi). Berikut ini klasifikasi keterampilan intelektual menurut D'Angelo :

1. *Deskripsi* : cara untuk menyampaikan atau menggambarkan obyek secara keseluruhan dengan kata-kata yang akurat dari umum ke khusus (spesifikasi & karakterisasi). Kata-kata yang digunakan menyusun gambaran obyek tersebut dalam kesatuan logika yang utuh meliputi ukuran, bentuk, dan elemen pembentuk.

2. *Definisi* : merupakan suatu deskripsi abstrak atau penggambaran secara konseptual suatu istilah atau obyek. Definisi adalah suatu cara berpikir dalam batasan-batasan tertentu. Mendefinisikan berarti membuat batasan terhadap suatu obyek dan menyatakan inti sifat alaminya.
3. *Klasifikasi* : kemampuan dasar aktivitas mental untuk mengelompokkan gagasan-gagasan/obyek-obyek sejenis
4. *Komparasi* : kemampuan melihat adanya persamaan-perbedaan
5. *Analogi* : kesimpulan logika yang didasarkan pada alasan adanya kesamaan pada beberapa obyek
6. *Eksemplifikasi* : suatu usaha untuk menggambarkan suatu prinsip umum, pernyataan atau hukum dengan menyebutkan suatu contoh yang lebih spesifik.
7. *Sebab akibat* : merupakan dua kata yang saling berhubungan, dimana salah satunya akan selalu menerangkan yang lainnya. Sebab adalah sesuatu yang akan menimbulkan akibat dan bertanggung jawab terhadap timbulnya suatu tindakan, kejadian, kondisi atau hasil. Akibat adalah hasil dari suatu sebab yang dapat berupa kerja atau tindakan
8. *Proses* : merupakan rangkaian dari tingkah laku, perubahan langkah atau operasi yang menghasilkan suatu fakta akhir atau hasil
9. *Analisis* : suatu proses untuk membagi sesuatu yang kompleks menjadi unit-unit yang lebih sederhana yang dilakukan secara sistematis
10. *Pemecahan masalah*: pemberian solusi terhadap persoalan yang dihadapi dengan menggunakan dasar pengetahuan yang telah dimiliki

Dengan demikian, prasyarat utama yang harus diperhatikan oleh guru adalah ekplanasi pedagogi tidak bertentangan dengan ekplanasi ilmiah. Jadi

seorang guru harus menguasai materi yang diajarkan dengan baik melalui penyerapan terhadap materi yang dikemukakan oleh ilmuwan.

Berdasarkan hal tersebut di atas, dapat dilihat bahwa pengetahuan praktis pembelajaran dalam bidang pendidikan kimia perlu terus-menerus diperdalam, dirumuskan dan diteliti agar dapat menjadi kumpulan pengetahuan (ilmu) yang dapat disebarluaskan dan dimanfaatkan oleh pendidik. Ini mengingat, peserta didik sebagai subyek peserta didik dari tahun ke tahun secara sosial dan psikologis dalam konteks pembelajaran senantiasa mengalami perubahan akibat kondisi dan tuntutan jaman yang berbeda.

Jika komunitas pendidik kimia tidak dapat memperkaya basis pengetahuan praktis tentang pembelajaran kimia, maka sulit untuk memecahkan masalah utama dalam pendidikan, yaitu kesulitan peserta didik untuk menguasai ilmu kimia, karena sulit dimengerti dan juga dianggap kurang berdampak untuk digunakan dalam kehidupan. Untuk itu, sangatlah penting bagi pendidik menggali pengetahuan-pengetahuan praktis melalui penelitian, agar menjadi rujukan oleh komunitas pendidik kimia dalam melaksanakan tugasnya.

BAB 5. MODEL-MODEL PENELITIAN PENDIDIKAN KIMIA

Upaya peningkatan mutu pendidikan Kimia di Indonesia perlu berbasis pada kajian ilmiah supaya menghasilkan berbagai alternatif solusi yang efektif. Karenanya, permasalahan-permasalahan yang dihadapi dalam bidang Pendidikan kimia perlu diteliti, baik oleh akademisi maupun praktisi pendidikan Kimia.

Pada hakekatnya, ilmu kimia sebagai *subyek matter* berada dalam wilayah ilmu-ilmu kealaman, namun Pendidikan Kimia berada dalam wilayah ilmu-ilmu siosial, sehingga ruang lingkup penelitian Pendidikan kimia berada dalam lingkup penelitian sosial, bukan penelitian kimia. Pada penelitian pendidikan kimia, masalah-masalah pendidikan dapat berfokus pada masalah makro (sistem pendidikan secara luas atau di luar ruang lingkup kelas) atau pada masalah mikro. Masalah mikro berkaitan dengan masalah-masalah yang terjadi dalam kelas atau menyangkut subyek penelitian yang melibatkan, antara lain guru, siswa, proses belajar mengajar, penggunaan media, bahan ajar, pendekatan, metode, strategi pembelajaran atau penilaian proses dan hasil belajar. Materi subyek yang diteliti mencakup ilmu kimia pada konteks teoritis (pembelajaran konten kimia) ataupun praktik (pembelajaran melalui kegiatan laboratorium).

Penelitian pendidikan itu sendiri didefinisikan sebagai suatu proses penyelidikan secara sistematis, cermat dan mendalam untuk menjawab masalah-masalah pendidikan dan/atau berkontribusi secara praktis maupun teoritis untuk pengembangan pendidikan. Umumnya, produk penelitian

pendidikan dapat menghasilkan pengetahuan baru (fakta-fakta, relasi-relasi, dan hubungan kausal) tentang fenomena pendidikan kimia yang belum terungkap sebelumnya. Dengan pengetahuan baru tersebut, fenomena pendidikan kimia terkait dapat lebih dimengerti, sehingga dapat dijadikan pedoman bagi praktisi untuk memecahkan masalah praktis pendidikan. Karena itu, fungsi penelitian pendidikan kimia antara lain untuk:

1. Pembuatan keputusan untuk memperbaiki proses pendidikan
2. Memperoleh informasi tentang sekolah dan pembelajaran dan merancang strategi upaya perbaikan
3. Menerapkan teori untuk memperbaiki praktek pembelajaran
4. Mengubah keputusan dari rancangan sebelumnya
5. Menghasilkan teori baru atau suatu produk pendidikan.

Secara umum dikategorikan ada tiga orientasi/tujuan penelitian:

1. *Verification theory* yaitu untuk membuktikan berlakunya/kebenaran teori atau suatu generalisasi/prinsip
2. *Generation theory* yaitu untuk menurunkan/menghasilkan suatu teori (baru) atau mengembangkan teori yang sudah ada
3. *Application theory* : mengaplikasikan teori-teori yang sudah ada – *from theory into practice*.

Berikut ini empat asumsi filosofi dalam penelitian yang menentukan jenis penelitian:

Post Positivisme	Konstruktivisme
<ul style="list-style-type: none"> • Metode saintifik atau empiris bersifat kuantitatif. • Determinasi kausatif/sebab- 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretivisme yang bersifat kualitatif • Pemahaman

<ul style="list-style-type: none"> • akibat • Observasi dan eksperimen • Verifikasi teori 	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruksi social dan historis • Penciptaan teori (<i>theory generation</i>)
Partisipatoris	Pragmatisme
<ul style="list-style-type: none"> • Bersifat politis (penelitian harus dihubungkan pada agenda politis) • Berorientasi isu pemberdayaan • Kolaboratif • Berorientasi pada perubahan 	<ul style="list-style-type: none"> • Efek-efek tindakan • Berpusat pada masalah • Bersifat pluralistic • Berorientasi pada praktek dunia nyata

Empat asumsi filosofi tersebut menghasilkan tiga strategi penelitian yaitu kuantitatif, kualitatif, dan kombinasi (*mix method*).

Kuantitatif (kuan)	Kualitatif (kual)	Mix Kualitatif-kuantitatif
<ul style="list-style-type: none"> • Desain eksperimen • Desain survey 	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian naratif • Fenomenologi • Etnografi • Grounded theory • Studi kasus 	<ul style="list-style-type: none"> • Sekuensial/bertahap • Konkruen/satu waktu • Transformatif

Penelitian mengenai masalah-masalah pembelajaran dapat berupa penelitian kualitatif dan penelitian kuantitatif. Penelitian kualitatif dilakukan untuk memahami fenomena pendidikan secara mendalam, holistik (menyeluruh) dan terikat konteks. Karena itu, penelitian kualitatif tak dapat digeneralisasi ke dalam konteks lain, yang dicari adalah generalisasi (kesimpulan umum) yang bebas konteks (*context-free*).

Untuk mendapatkan data yang holistik, maka prosedur pengumpulan data lebih fleksibel oleh peneliti sendiri (peneliti sebagai instrumen) dengan memanfaatkan banyak cara (*multi-method*). Untuk mencapai validitas kesimpulan hasil penelitian, dilakukan triangulasi, yakni memperhatikan

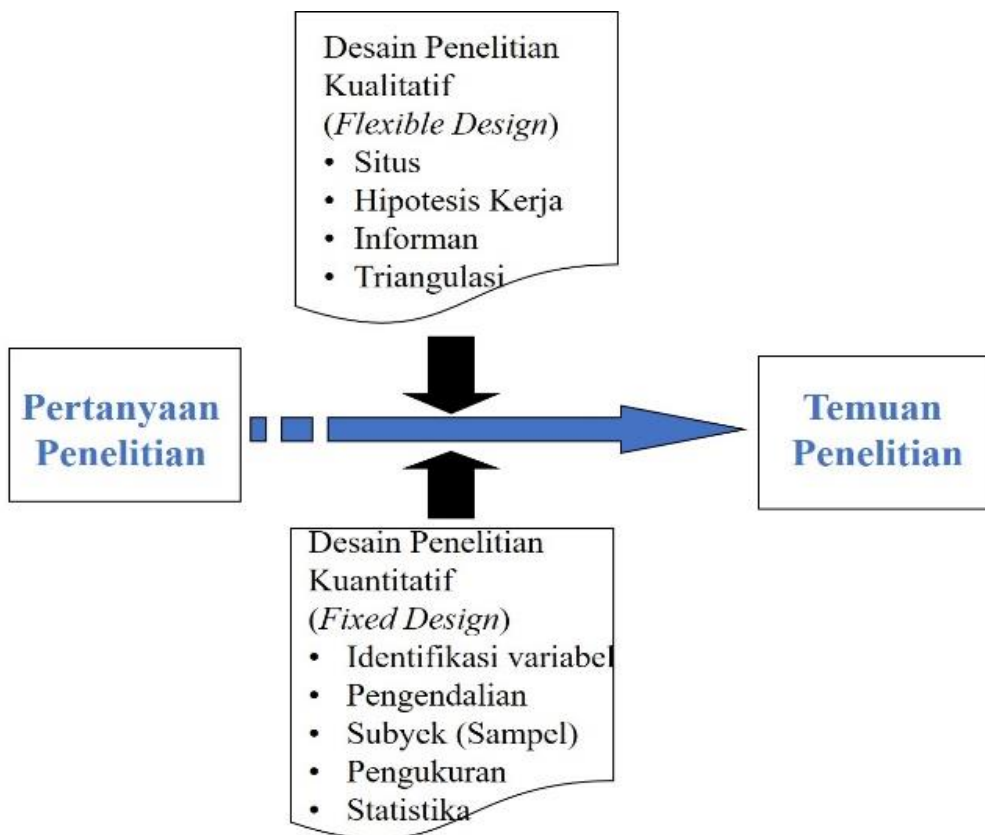
informasi tentang suatu aspek yang diteliti dari lebih dari satu sumber. Ciri khas laporan penelitian kualitatif didominasi oleh deskripsi naratif.

Perbedaan Karakteristik Pendekatan Penelitian Kualitatif Dan Kuantitatif

Kriteria	Penelitian Kuantitatif	Penelitian Kualitatif
Ciri psikologis peneliti	Nyaman dengan aturan dan panduan pelaksanaan penelitian; Toleransi rendah pada ketidakjelasan (ambigu); Waktu penelitian pendek.	Nyaman dengan ketiadaan aturan-aturan dan prosedur spesifik; Toleransi tinggi pada ketidakjelasan; Waktu penelitian panjang.
Sifat masalah	Telah lebih dahulu diselidiki peneliti lain hingga kepustakaan telah ada; variabel-variabel telah dikenal; teori telah mapan.	Penelitian eksploratori; Variabel-variable tak diketahui; konteks penelitian penting; basis teori untuk penelitian kurang.
Kemahiran yang dituntut	Keterampilan komputasi statistik; keterampilan menulis laporan teknis; keterampilan <i>searching</i> kepustakaan.	Keterampilan komputer untuk analisis teks; Keterampilan menulis esai; keterampilan <i>searching</i> kepustakaan.

Penelitian kuantitatif dilakukan untuk menentukan hubungan sebab akibat suatu perlakuan, pengaruh dan penyebab suatu perlakuan. Karena itu penelitian kuantitatif terfokus pada faktor atau variabel tertentu secara terpisah, meneliti hubungan dan/atau pengaruh antara variabel bebas dan variabel terikat.

Untuk pengumpulan data, penelitian kuantitatif bertumpu pada desain, prosedur dan alat ukur standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Data-data yang diperoleh berupa angka diolah secara statistika dengan menggunakan rumus uji hipotesis untuk mengetahui signifikansi apakah data mendukung penerimaan atau penolakan hipotesis statistik. Dengan demikian, penelitian kuantitatif lebih menitikberatkan pada presentasi angka dan statistik.

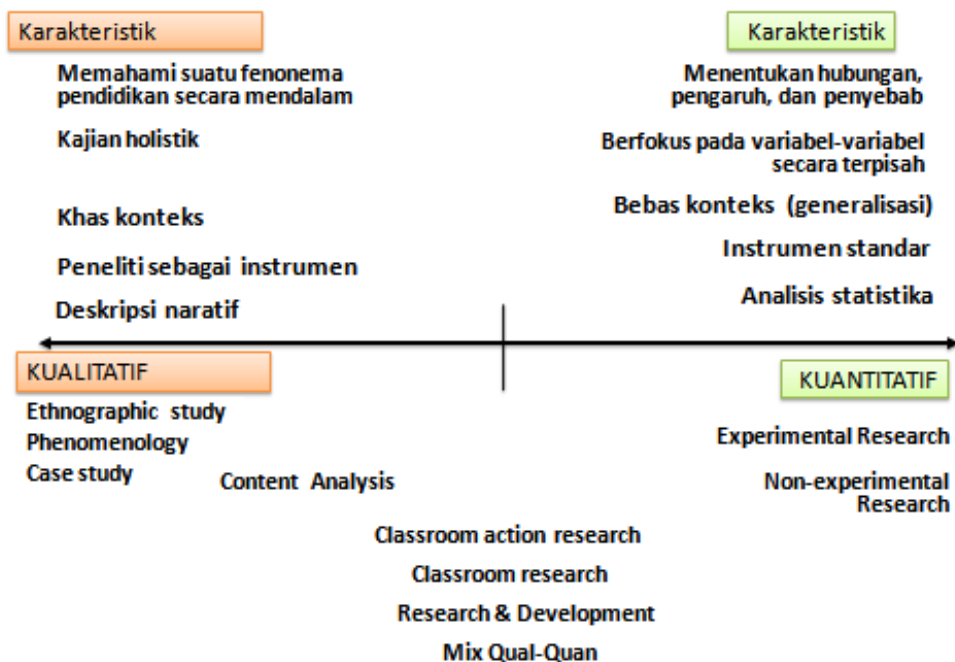


Gambar 5. 1 Prosedur Penelitian

Namun demikian, perbedaan antara penelitian kualitatif dan kuantitatif tidak bersifat dikhotomi, melainkan suatu kontinum. Banyak

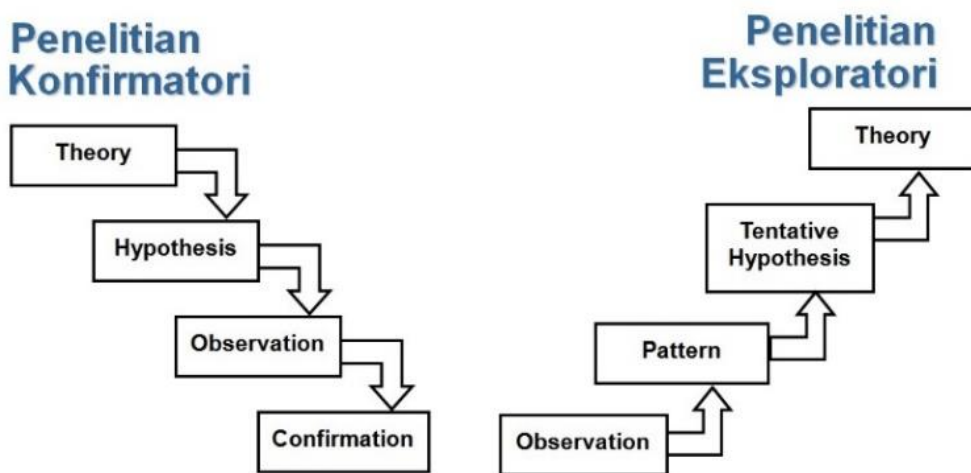
penelitian berada pada posisi tertentu dalam kontinum itu, dalam arti menggunakan prosedur penelitian kualitatif dan kuantitatif sekaligus sesuai dengan permasalahan yang akan dipecahkannya.

Dalam konteks pendidikan, sampai sekarang banyak penelitian dilakukan dalam paradigma positivistik, yaitu merujuk pada penelitian dalam Sains yang menitikberatkan pengujian-pengujian hipotesis dengan eksperimen terkendali, randomisasi, dan analisis statistik inferensial, untuk menemukan hukum umum (generalisasi) dalam fenomena pendidikan. Namun, kompleksitas fenomena pendidikan dipandang kurang memadai jika dikaji dengan paradig positivistik.



Gambar 5. 2 Kontinum jenis-jenis penelitian

Sejumlah peneliti mengembangkan paradigma baru penelitian pendidikan yaitu paradigam interpretif (post-positivistik). Paradigma ini mendasarkan pada eksplorasi dan interpretasi sifat-sifat khusus dari kasus-kasus individual secara kualitatif.



Gambar 5. 3 Perbedaan Penelitian Konfirmatori dan Eksploratori

Perbedaan terpenting antara keduanya adalah paradigma positivistik cenderung membuktikan teori dengan pendekatan kuantitatif (penelitian konfirmatori) Sedangkan paradigma post-positivistik mengarahkan penelitian eksploratori secara kualitatif (penelitian interpretif). Selanjutnya penelitian pendidikan berkembang dengan mengaplikasikan kedua paradigma penelitian secara terintegrasi dalam bentuk metode kombinasi atau campuran (*mixed-method*).

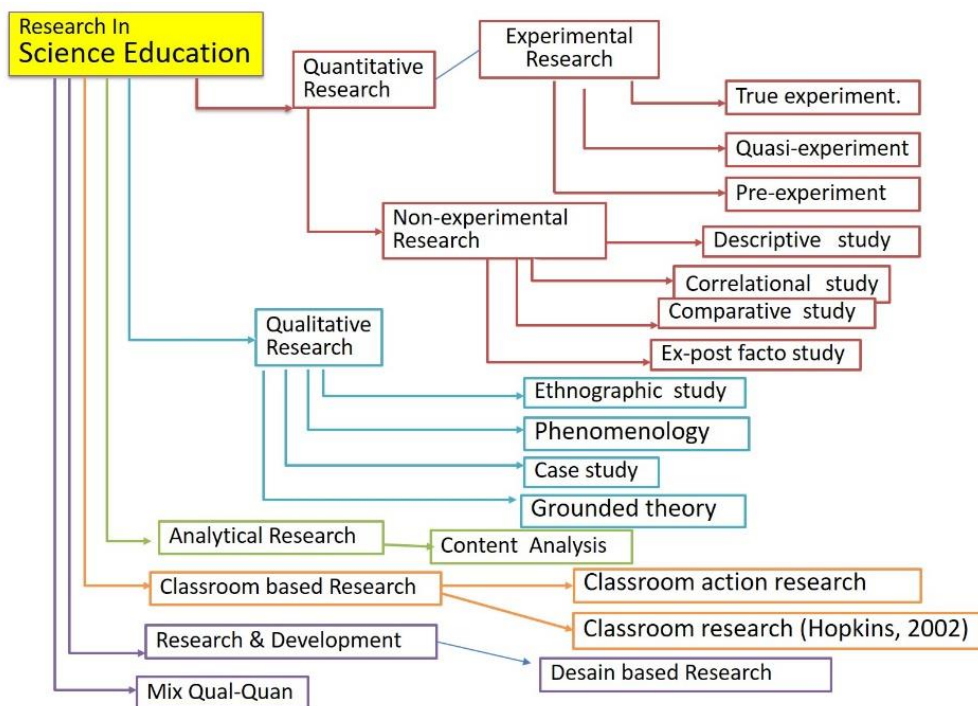
Dalam penelitian pendidikan sains/kimia, kecenderungan mengkombinasikan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif (*mixed-method*) dalam sebuah penelitian sudah diterima dan banyak dipraktekkan.

Hal ini bisa dilihat dari jumlah artikel penelitian yang menggunakan gabungan kedua metode itu. Terlepas dari argumentasi untuk menggabungkan kedua metode tersebut, setiap metode kuantitatif atau kualitatif memiliki paradigma tertentu, yang merupakan serangkaian pola asumsi terkait realitas (*ontology*), pengetahuan tentang realitas (*epistemology*), dan cara tertentu untuk mengetahui realitas (*methodology*)

Dari segi fungsinya, penelitian pendidikan kimia dapat dipandang sebagai suatu kontinum dengan salah satu ujungnya penelitian dasar (*basic research*) dan penelitian terapan (*applied research*) diujung lainnya. Penelitian terapan berfungsi memecahkan masalah praktis pendidikan. Sementara itu penelitian dasar berfungsi mengembangkan teori kependidikan, apakah membangun teori (*to generate a theory*), menguji teori (*to test a theory*), atau menyempurnakan teori (*to refine a theory*).

Penelitian dasar tidak dituntut untuk menghasilkan temuan yang segera dapat diterapkan dalam praktek. Namun demikian, hasil penelitian dasar dapat juga diterapkan untuk pemecahan masalah praktis, meskipun bukan tujuan utamanya. Demikian pula hasil penelitian terapan dapat berkontribusi pada pengembangan ilmu kependidikan. Jenis penelitian yang tergolong penelitian terapan dalam bidang pendidikan adalah penelitian tindakan kelas (PTK) atau *classroom action research* (CAR) dan penelitian evaluasi. Penelitian evaluasi bertujuan untuk memberikan informasi sebagai landasan pembuatan keputusan tentang suatu program pendidikan.

Jenis-jenis metode penelitian digambarkan dalam bentuk bagan sebagai berikut:



Gambar 5. 4 Jenis-jenis Penelitian

Berdasarkan bagan dapat dilihat pada penelitian kuantitatif terhadap dua sub jenis penelitian, yaitu kelompok penelitian eksperimen dan kelompok penelitian non-eksperimen. Keduanya dibedakan oleh ada atau tidaknya perlakuan (*treatment*) terhadap subyek yang diteliti.

Berikut ini deskripsi untuk masing-masing jenis penelitian yang digambarkan dalam bagan:

A. Penelitian Eksperimen

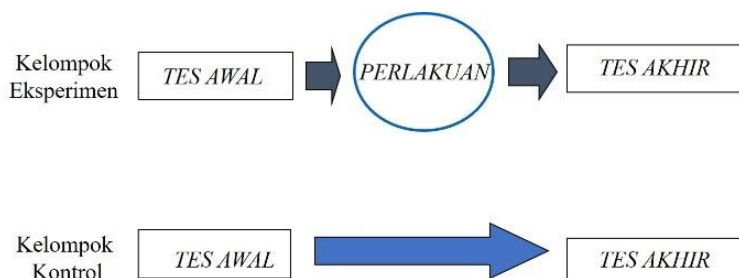
Jenis penelitian eksperimen merupakan suatu desain penelitian yang di dalamnya peneliti menyelidiki pengaruh suatu perlakuan (*treatment*) terhadap sekelompok subyek. Satu variabel (variable eksperimen) secara

sengaja dimanipulasi (divariasikan) oleh peneliti untuk menentukan pengaruh dari variasi tersebut. Sementara itu variabel-variabel lain (*extraneous variable*) yang secara teoritis berpengaruh pada hasil eksperimen, dikendalikan (dikontrol) dengan berbagai cara.

Dalam penelitian eksperimen terdapat dua kelompok sample, yaitu:

1. Kelompok sample yang dikenai perlakuan (*treatment*) atau dikenai variabel yang dimanipulasi (sehingga disebut kelompok eksperimen).
2. Kelompok pembanding tidak menerima perlakuan tersebut.

Pemilihan sample kelompok eksperimen dan kelompok kontrol harus dilakukan secara acak (*random*). Dampak variasi dievaluasi dengan membandingkan hasil pengukuran pasca perlakuan (*post-test*) terhadap kedua kelompok tadi. Selain itu juga dibandingkan dengan hasil pengukuran sebelum perlakuan (*pre-test*), yaitu dengan menghitung selisih antara post- dan pre-test (*gain* atau *normalized-gain*). Desain *true experiment* itu biasa digunakan dalam penelitian kimia (setting laboratorium), misalnya meneliti pengaruh konsentrasi zat-zat pereaksi terhadap laju reaksi. Sedangkan penelitian pendidikan kimia, meskipun menggunakan desain eksperimen sangatlah sulit menjadi benar-benar eksperimen (*true experiment*).



Pre-Test Post-Test Control Group Design

Gambar 5. 5 Desain Kuasi Eksperimen

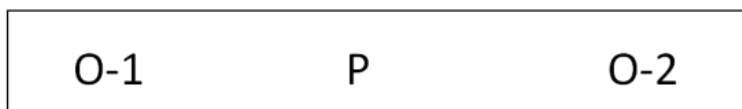
Pada penelitian pendidikan, manusia menjadi subyek penelitian. Sangat sulit untuk memilih anggota kelompok eksperimen dan kelompok kontrol secara acak, sebab dalam *setting* alaminya di persekolahan siswa telah dikelompokkan ke dalam rombongan-rombongan belajar tertentu. Dengan demikian keacakan pemilihan sampel penelitian tak terpenuhi. Selain itu sulit sekali melakukan pengontrolan variabel dengan ketat sebagaimana yang dilakukan dalam penelitian sains/murni (misal: penelitian kimia). Karenanya eksperimen pada penelitian pendidikan disebut *quasi eksperimen*.

Namun demikian tetap diperlukan adanya pengontrolan variabel-variabel tertentu agar kedua kelompok sampel menjadi setara dengan menggunakan indikator-indikator tertentu yang dapat diupayakan setara, yaitu antara lain dari pengetahuan awal yang diujikan melalui pretest, data mengenai tingkat kecerdasan rata-rata siswa, data hasil belajar harian sebelum dilakukan penelitian, ketersediaan fasilitas belajar dan lingkungan belajar yang dialami.

Desain *quasi eksperimen* menyelesaikan masalah kausal, yaitu mempertanyakan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Contoh:

1. Apakah penggunaan analogi piktorial dapat meningkatkan hasil belajar siswa terhadap konsep kesetimbangan dinamis?
2. Apakah penggunaan siklus belajar dapat meningkatkan hasil belajar siswa pada konsep sel elektrokimia?
3. Apakah terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada konsep koloid setelah implementasi model pembelajaran inkuiri argumentatif?.

Jenis penelitian eksperimen yang masih sering digunakan bila menghadapi kondisi tertentu yang sangat terbatas adalah *pre-experiment*. Pada jenis penelitian ini, peneliti melakukan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh satu faktor yang dihipotesiskan sebagai sebab tanpa pengendalian faktor-faktor lain atau dengan kata lain penelitian dilakukan tanpa kelompok pembanding.



O-1 = Pre-tes
P = Perlakuan pada kelompok
O-2 = Pos-test

Gambar 5. 6 Desain Pre-Eksperimen

Hasil penelitian pre-eksperimen sangat sukar untuk menarik kesimpulan yang meyakinkan tentang hubungan kausal. Ini karena, peneliti hanya melihat bukti perbedaan antara hasil post-test dan pre-test (*Gain* dan

Normalized Gain), mungkin saja diakibatkan oleh faktor-faktor lain selain variabel penelitian.

Gain adalah selisih antara nilai pos tes dan pre tes, gain menunjukkan peningkatan pemahaman atau penguasaan konsep siswa setelah pembelajaran dilakukan guru. Sering sekali terjadi permasalahan pada suatu kelompok (misalnya kelompok A) nilai gain tinggi, yang berarti nilai pos tes siswa sangat tinggi, dan nilai pre tes siswa sangat rendah, sedangkan pada kelompok yang lain (misalnya kelompok B) nilai gain rendah, karena kebanyakan siswa di kelompok tersebut memang pandai-pandai. Jika gain kelompok A dan B akan dibandingkan, maka didapatkan kesimpulan kelompok A lebih baik dari kelompok B. Kesimpulan ini akan menimbulkan bias penelitian, karena pada pre tes kedua kelompok ini sudah berbeda. Untuk menghindari bias penelitian seperti ini digunakan normal gain, karena normal gain sudah memperhitungkan faktor-faktor yang dapat menyebabkan bias penelitian seperti dijelaskan di atas. Rumus normal gain sebagai berikut:

$$N\text{-gain} = \frac{\text{Skor postes} - \text{Skor pretes}}{\text{Skor maksimum} - \text{Skor pretes}}$$

Jika uji t hanya melihat terjadinya perbedaan dan belum melihat apakah perbedaan itu sudah baik atau masih kurang, maka perhitungan normal gain digunakan ketika kita ingin mengetahui “judgment nilai” bagaimana hasil peningkatan yang terjadi baik, sedang, atau kurang. Hake (1999) membuat katagorisasi untuk nilai peningkatan berdasarkan N-gain tersebut yaitu : Tinggi untuk N-gain > 0.7; Sedang untuk N-gain 0.3 – 0.7; Rendah untuk N-gain < 0.3. Namun nilai N-gain tidak boleh digunakan

untuk dianalisis dengan menggunakan uji statistik inferensi lainnya, karena N-Gain sendiri merupakan alternatif pengujian selain menggunakan uji t.

Hasil pre tes yang berbeda nyata antara kelompok kontrol dan eksperimen menunjukkan bahwa kemampuan kedua kelompok itu berbeda. Maka tidak sah jika meneruskan untuk menguji hasil post tes dengan uji beda dan menyimpulkan berdasarkan hasil posttes tersebut. Namun bukan berarti penelitian kita gagal dan harus diulang untuk mencari sample yang hasil pre testnya tidak berbeda nyata. Gunakan nilai gain dari kelompok. Jadi nilai postes dikurangi dulu nilai pretest, lalu uji normalitas dan homogenitasnya, jika normal dan homogen maka bisa menggunakan uji t. Jika tidak normal datanya maka gunakan uji nonparametrik. Namun gunakan nilai gain murni untuk uji ini, jangan gunakan nilai N-Gain. Karena nilai N-Gain sudah mengalami normalisasi tidak layak untuk diuji lagi dengan pengujian statistik inferensi lainnya.

B. Penelitian Non-eksperimen

Sub-Jenis penelitian kuantitatif non-eksperimen adalah penelitian deskriptif, penelitian komparatif, penelitian korelasional, serta penelitian *ex-post facto*.

- 1. Penelitian deskriptif** memaparkan suatu fenomena dalam pembelajaran dengan ukuran-ukuran kuantitatif dengan menggunakan statistik deskriptif, antara lain frekuensi, persentase, rerata (*mean*), variabilitas (rentang dan simpangan baku). Data-data disajikan dapat berupa infografis menggunakan grafik atau diagram.

- 2. Penelitian komparatif** meneliti perbandingan antara dua kelompok atau lebih dengan mengkaji hubungan antara dua atau lebih variabel. Jadi, masing-masing kelompok diperbandingkan dari variabel tertentu yang diselidiki. Rumusan masalah komparatif mempertanyakan perbedaan atau perbandingan antar fenomena atau subyek. Contohnya:
- Adakah perbedaan minat siswa terhadap topik-topik kimia deskriptif, kimia teoretik, dan kimia hitungan di SMA?
 - Bagaimanakah perbandingan minat dan hasil belajar kimia antara siswa kelas X berbakat IPA dan siswa berbakat IPS?
 - Adakah perbedaan antara siswa pria dan wanita dalam keterampilan melaksanakan titrasi asam-basa?

Dari penelitian tersebut hanya dapat ditafsirkan hubungan komparatif saja, bukan hubungan kausal (sebab-akibat).

3. Penelitian korelasional ditujukan untuk mengetahui hubungan antar variabel-variabel (variabel bebas dan variabel terikat). Derajat keterhubungan kedua variabel dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi. Dengan demikian rumusan masalah korelasional mempertanyakan derajat hubungan antara dua atau lebih gejala. Penelitian korelasional bertujuan mengungkap bagaimana dua atau lebih variabel saling berhubungan, yang mencakup pola relasi dan kekuatan (magnitude) relasi itu. Pola hubungan antar variabel ditunjukkan dengan menggunakan teknik statistik regresi dan korelasi. Hasilnya tidak serta-merta menunjukkan hubungan kausal. Diperlukan dukungan teori untuk menyimpulkan hubungan korelasional sebagai hubungan kausal. Desain penelitian korelasional dikembangkan dengan merujuk pada hipotesis peneliti tentang pola (model) hubungan antarvariabel yang diselidiki,

sehingga jelas mana variabel prediktor dan mana variabel kriteria dalam penelitian tersebut. Contoh:

- a. Seberapa besar hubungan antara kemampuan penalaran dan kemampuan memecahkan masalah stoikiometri?
- b. Bagaimana kontribusi pemahaman konsep prasyarat dan kemampuan matematika terhadap kemampuan siswa menghitung pH larutan penyangga?

Jika penelitian korelasional melibatkan lebih dari dua variabel sekaligus, maka teknik analisis statistiknya menggunakan regresi ganda. Jika keterkaitan hubungan antar variabel dapat dijelaskan secara teoretik, maka korelasi antarvariabel tersebut dapat dimaknai sebagai hubungan kausal. Desain penelitian korelasional dikembangkan dengan merujuk pada hipotesis peneliti tentang pola (model) hubungan antarvariabel yang diselidiki, sehingga jelas mana variabel prediktor dan mana variabel kriteria dalam penelitian tersebut. Contoh: Dengan merujuk pada teori Gagne tentang “hierarki belajar”, peneliti menduga bahwa untuk mampu memecahkan masalah stoikiometri siswa harus terlebih dahulu menguasai prasyaratnya, yakni: (1) pemahaman konsep-konsep kimia yang diterapkan pada pemecahan masalah stoikiometri, serta (2) kemampuan matematika terkait (aritmatika dan aljabar).

Dalam kasus itu peneliti menetapkan kemampuan memecahkan masalah stoikiometri sebagai variabel kriteria dan pemahaman konsep stoikiometri (mol, massa molar, dll.) sebagai variabel prediktor I, dan kemampuan matematika sebagai variabel prediktor II. Variabel prediktor I & II secara bersamaan diduga berhubungan dengan variabel kriteria. Model matematis untuk hubungan antar variabel yang diduga adalah:

$$Y = aX_1 + bX_2 + c$$

Y = Kemampuan memecahkan masalah stoikiometri

X₁ = Pemahaman pada konsep-konsep dasar stoikiometri

X₂ = Kemampuan matematika,

c = Tetapan.

Dari penelitian korelasional tersebut dapat diungkapkan:

- a. Berapa besar hubungan antara variabel prediktor dengan variabel criterion.
- b. Bagaimana kontribusi masing-masing variabel prediktor secara individual terhadap variabel kriterionnya.

Penelitian korelasional ini memerlukan tiga set data yang diperoleh berdasarkan pengukuran terhadap sejumlah subyek penelitian. Subyek dipilih dengan metode sampling yang cocok sehingga mewakili (merekpresentasikan) populasi yang didefinisikan peneliti.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan instrumen yang *valid* (sahih) & *reliable* (ajeg). Statistik yang tepat untuk menguji hipotesis penelitian adalah regresi ganda (*multiple regression*) dengan dua variabel bebas. *Software* komputer statistika (misalnya SPSS) dapat digunakan peneliti untuk melakukan pengujian hipotesis.

4. **Penelitian *ex-post facto*** disebut juga penelitian kausal-komparatif. Penelitian *ex-post facto* menguji suatu fenomena yang telah terjadi dan berusaha menarik kesimpulan tentang adanya hubungan-hubungan kausal. Penelitian ini nampak seperti suatu eksperimen, namun

sebenarnya tidak, karena 'perlakuan' yang dimaksud hanyalah suatu kondisi alami yang telah terjadi pada subyek penelitian.

Contoh:

Apakah siswa SMA yang mengikuti bimbingan tes mempunyai prestasi lebih tinggi daripada siswa yang tidak mengikuti dan bagaimana pengaruhnya terhadap nilai ujian masuk Perguruan Tinggi?

Bimbingan tes nampak sebagai "perlakuan" dan pengaruhnya terhadap keberhasilan dalam Ujian masuk perguruan tinggi. Pada penelitian itu diselidiki perbedaan rata-rata nilai prestasi kedua kelompok.

C. Penelitian Kualitatif

Jenis penelitian kualitatif, mencakup beberapa jenis desain penelitian, yaitu: studi etnografi, fenomenologi, studi kasus dan *grounded theory*.

1. Studi etnografik diadopsi dari tradisi penelitian antropologi yang mendeskripsikan hasil analisis secara mendalam mengenai suatu kebudayaan. Dalam konteks pendidikan, penelitian etnografik ditujukan untuk mendeskripsikan hasil analisis secara ilmiah sistem, proses, dan fenomena pendidikan dalam konteks khusus.

Karenanya pada penelitian ini dilakukan observasi, deskripsi, dan interpretasi secara kualitatif terhadap fenomena yang diselidiki yang berlangsung dalam *setting* alami sehingga diperoleh gambaran tentang obyek studi secara holistik. Basis teoretik yang melandasi penelitian terhadap fenomena yang diselidiki tidak kuat, dan hanya sedikit hipotesis dirumuskan sebelum penelitian dimulai, namun kemudian selama penelitian dikonstruksi hipotesis dan teori.

2. **Studi kasus** (*case study*) juga sering dikaitkan dengan penelitian etnografik. Studi kasus dipandang sebagai jenis khusus desain penelitian, karena dapat berkaitan dengan desain penelitian lainnya. Studi kasus melibatkan pengkajian secara mendalam terhadap sebuah kelompok atau sejumlah sangat terbatas individu. Suatu studi etnografik yang meneliti secara mendalam suatu kelompok dapat juga disebut studi kasus.

Ada tiga jenis studi kasus, yaitu:

- a. Studi kasus intrinsik: penelitian untuk memahami suatu individual atau situasi yang spesifik
- b. Studi kasus instrumental: tujuan penelitian lebih global sehingga kesimpulannya merupakan aplikasi lebih lanjut dari kasus yang particular;
- c. Studi kasus multipel atau kolektif: Peneliti mempelajari beberapa kasus pada waktu atau bagian yang sama.

Studi kasus dapat juga dikaitkan dengan penelitian kuantitatif, misalnya quasi-eksperimen yang dilakukan dengan jumlah subyek yang sangat sedikit dan dideskripsikan fenomenanya dengan lebih mendalam dapat disebut sebagai studi kasus.

3. **Grounded theory** (Pengembangan teori) dilakukan untuk menemukan suatu teori atau untuk menguatkan teori yang sudah ada dengan mengkaji prinsip dan kaidah dasar yang ada. Hasil akhir berupa kesimpulan dasar yang membentuk prinsip dasar dari suatu teori.

Peneliti secara khusus menghasilkan suatu teori yang dikembangkan dari data yang diambil dan dianalisis secara sistematis dan dibentuk secara induktif dari data yang dikumpulkan selama penelitian itu sendiri. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Awalnya data dikumpulkan melalui wawancara satu per satu, kelompok, dan observasi terhadap partisipan (dilakukan secara terus menerus)
- b. Data dianalisis untuk menghasilkan usulan teori
- c. Pengumpulan data yang lebih banyak
- d. Usulan teori direvisi
- e. Pengumpulan data yang lebih banyak selanjutnya dilakukan.
- f. Klarifikasi dan revisi teori.

Proses dilakukan secara kontinu Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, studi lapangan, perbandingan antara kategori, fenomena, dan situasi berdasarkan berbagai penilaian, seperti kajian induktif, deduktif, dan verifikasi hingga datanya bersifat jenuh. Dalam penelitian itu, peneliti memilah-milah antara fenomena inti dan bukan agar dapat diambil dan dibentuk suatu teori.

4. **Fenomenologi** merupakan tradisi penelitian filsafat dan psikologi, karena berfokus pada pengalaman hidup manusia sebagai alat untuk memahami sosial budaya, politik atau konteks sejarah dimana pengalaman itu terjadi. Pada penelitian ini dilakukan analisis untuk memahami arti peristiwa dan kaitan-kaitannya terhadap orang-orang biasa dalam situasi-situasi tertentu. Data biasanya dikumpulkan melalui wawancara secara mendalam.

Peneliti mencoba untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan aspek-aspek setiap persepsi atau reaksi individual berupa pengalaman yang detail. Misalnya: interviu terhadap 20 korban tindak kekerasan untuk mendapatkan jawaban bagaimana perasaan/pengalaman mereka.

D. Penelitian berbasis kelas

Jenis penelitian ini dilakukan oleh guru (praktisi profesional pendidikan) yang bertujuan memperbaiki kualitas pembelajaran di kelas berdasarkan masalah-masalah pembelajaran yang dihadapi. Penelitian berbasis kelas (*classroom based-research*) dengan disain penelitian kelas (*classroom research*) disebut juga *one-shot case study*. Penelitian kelas mirip pre eksperimen, ada treatment terhadap subyek namun tanpa menggunakan tes awal (pre-test).

Perlakuan terhadap subyek penelitian ditujukan untuk memperbaiki atau memecahkan masalah-masalah di kelas, bukan untuk menguji kehandalan perlakuan. Penelitian kelas termasuk penelitian terapan, karena mencobakan menerapkan perlakuan tertentu berdasarkan hasil kajian penelitian sebelumnya untuk mengatasi/memperbaiki kualitas pembelajaran di kelas, namun pelaksanaannya hanya satu kali perlakuan saja. Penelitian kelas berbeda dengan penelitian tindakan kelas (*classroom action research*) yang dilakukan lebih dari satu siklus dan peneliti merupakan guru kelas profesional.

PENELITIAN KELAS(Hopkins,2002)

- Tujuan : untuk memperbaiki proses pembelajaran dan meningkatkan kualitas hasil pembelajaran (siswa)
- Diawali dengan studi pendahuluan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi di kelas (peneliti-guru)
- Perencanaan : Implementasi model/pendekatan/strategi/metode/media pembelajaran
- Desain penelitian : *One shot case study*
- Implementasi oleh peneliti dan/atau guru (observer)
- Refleksi pada akhir penelitian

PENELITIAN TINDAKAN KELAS (Kemmis and McTaggart, 1988)

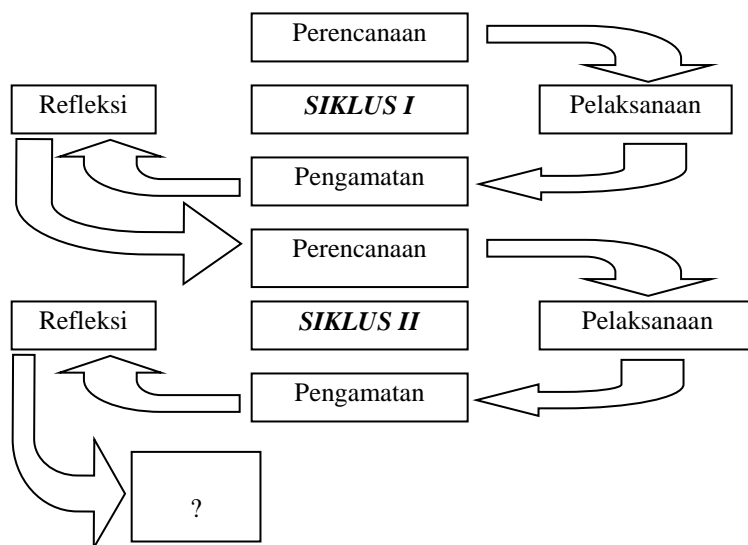
- Tujuan : untuk mengatasi permasalahan praktik/pembelajaran di kelas, memperbaiki dan meningkatkan kualitas hasil pembelajaran (siswa)
- Refleksi guru terhadap praktek pembelajarannya
- Perencanaan : Fokus pada tindakan yang dilakukan berulang
- Desain penelitian berupa siklus : *Plan-act-observe-reflect –min 2 siklus*
- *Kolaboratif* – guru sebagai peneliti dan rekan sejawat
- Refleksi sebagai bagian dari siklus , untuk merencanakan tindakan berikutnya

Secara sederhana penelitian tindakan kelas (PTK) dapat dikatakan sebagai suatu penelitian yang dilakukan guru (sebagai praktisi pendidikan) untuk meningkatkan mutu pembelajaran dengan melakukan tindakan-tindakan praktis terencana dalam *setting* kelasnya, serta mengadakan refleksi berdasarkan dampak dari tindakan-tindakan tersebut.. PTK lahir dari kebutuhan pragmatik guru untuk meningkatkan kinerja profesional secara berkelanjutan. Dibandingkan dengan “penelitian-penelitian tradisional”, PTK lebih bersifat informal, praktis, fleksibel, formatif. PTK lebih baik dilakukan secara kolaboratif antara sejawat guru di suatu sekolah (MGMP sekolah) agar terjadi proses saling melengkapi dan saling berbagi pikiran dan pengalaman.

Desain PTK dapat digambarkan sebagai rangkaian siklus yang terdiri atas tahap-tahap berikut:

1. Identifikasi persoalan yang dihadapi dan merencanakan strategi dan tindakan intervensi yang perlu dilakukan (*Rencana/Plan*);
2. Melakukan intervensi atau tindakan (*Tindakan/Action*);
3. Melakukan observasi dan pengumpulan data ketika dan setelah tindakan dilakukan (*Observasi/Observation*);
4. Melakukan analisis dan penafsiran data, serta pengkajian terhadap dampak dari tindakan yang dilakukan (*Refleksi/Reflection*).

Refleksi yang dilakukan mengarahkan penyempurnaan atau perbaikan terhadap rencana yang telah dilakukan, sehingga diperoleh rencana baru untuk dipraktekan dan diamati dampaknya pada siklus berikutnya. Rangkaian siklus PTK dapat diilustrasikan pada Gambar 1. Selain itu, untuk meningkatkan kemaslahatan hasil PTK, “good practice” yang berhasil dikembangkan perlu disebarluaskan kepada sejawat guru mata pelajaran lain di satu sekolah serta sejawat di sekolah lain (melalui publikasi) sebagai model.



Pada tahap identifikasi masalah, hendaknya pertanyaan yang dirumuskan harus bermanfaat untuk kelas, yakni yang jawabannya mengarah pada metode dan teknik pembelajaran yang lebih efektif. Pada tahap perencanaan, literatur perlu dirujuk, hanya tidak terlalu merujuk pada sumber primer (laporan riset), tetapi cukup sumber sekunder, misalnya buku-buku tentang pengajaran sains atau informasi praktis dari WWW. Sementara itu metode penelitian yang diterapkan dapat merujuk pada metode-metode standar, namun dapat dibuat lebih praktis, seperti misalnya cukup dengan desain pre-eksperimen atau quasi-eksperimen untuk meninjau hubungan sebab-akibat. Data yang dikumpulkan dapat berupa data kuantitatif (skor tes dan hasil survey) ataupun kualitatif (misalnya komentar dan evaluasi siswa pada dialog atau *focus group discussion* (FGD)).

Analisis data pada PTK terarah untuk menjawab secara langsung pertanyaan penelitian, misalnya apakah strategi mengajar yang diterapkan membuahkan proses dan hasil belajar yang lebih baik. Pengujian statistika yang canggih terhadap data kuantitatif tidak praktis dalam PTK, karena penelitian ini lebih bersifat studi kasus dan terikat pada konteks sekolah, yang hasilnya tidak dapat digeneralisasi ke *setting* yang lebih luas.

Sementara itu kesimpulan yang ditarik dari PTK perlu memberikan informasi yang langsung untuk pengambilan keputusan guru dalam menentukan strategi mengajar ke depan. Implikasinya perlu jelas, apakah perlu mengadopsi strategi baru yang dikembangkan (jika ada indikasi memberikan hasil lebih baik), apakah kembali ke strategi seperti biasa (jika ada indikasi lebih buruk), atau memodifikasi strategi baru tersebut untuk diujicobakan lagi (tidak ada indikasi lebih baik, tetapi ada potensi untuk memberikan hasil lebih baik).

E. Analisis Konten

Analisis konten (*content analysis*) bertujuan untuk menghasilkan deskripsi yang obyektif dan sistematis mengenai isi (*content*) yang terungkap dalam suatu komunikasi. Analisis konten dimanfaatkan untuk memahami makna dalam bentuk dokumen, artikel, buku ajar, soal ujian, media pembelajaran, rekaman video interaksi belajar-mengajar, dan lain-lain.

Tahapan analisis konten mencakup tahap pendeskripsian yang diikuti dengan tahapan analisis dan inferensi. Analisis dapat dilakukan secara kuantitatif, seperti frekuensi, asosiasi dan korelasi, ataupun dilakukan secara kualitatif yang menekankan pola-pola hubungan yang ada dalam dokumen yang dianalisis.

F. Penelitian dan Pengembangan

Desain Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*) digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Dalam bidang pendidikan, produk yang dihasilkan dapat berupa: 1) perangkat keras (*hardware*), contoh buku, modul, alat peraga di kelas atau di laboratorium, dan lain-lain; 2) perangkat lunak (*software*) contoh e-book, e-modul, multimedia, program komputer untuk pengolahan data, pembelajaran di kelas, perpustakaan atau laboratorium, model-model pembelajaran, lembar kerja, dan lain-lain.

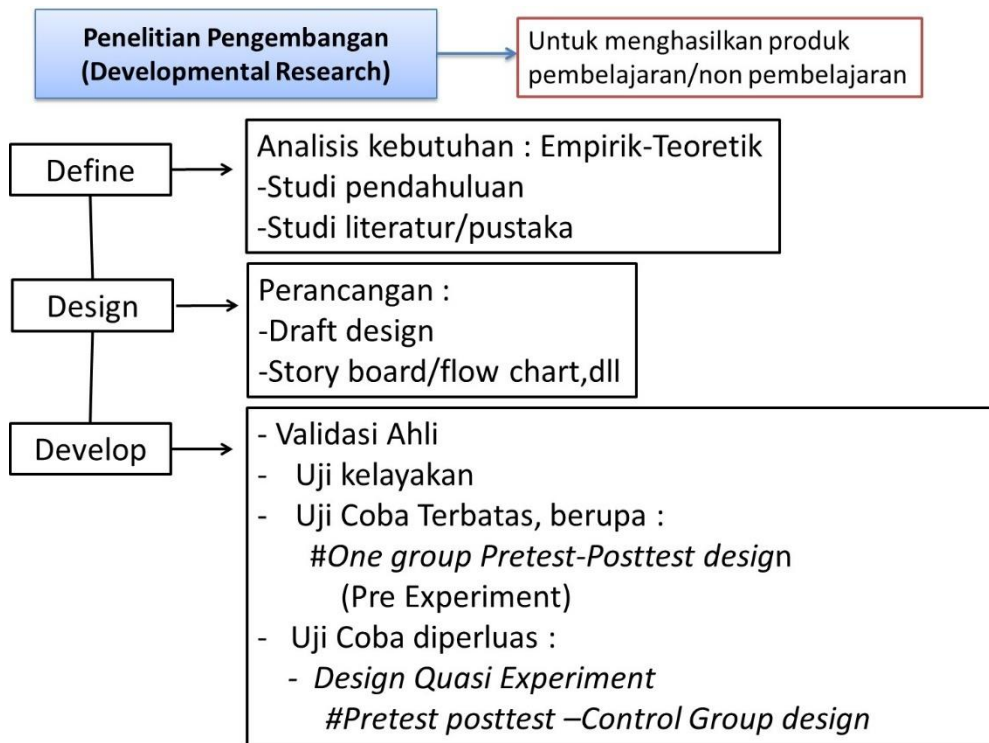
Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan yaitu peninjauan secara teoritik dan empirik apakah dan bagaimanakah produk yang dibutuhkan khalayak pengguna. Setelah dihasilkan produk dilakukan uji keefektifan produk tersebut, untuk

mengetahui kehandalan produk dan kefungsiannya di masyarakat luas. Karena itu, penelitian dan pengembangan bersifat longitudinal (bertahap bisa *multy years*).

Penelitian dan pengembangan dilakukan melalui empat tahap utama, yaitu:

1. *Define*, berupa studi pendahuluan untuk menganalisis kebutuhan (*need assessment*);
2. *Design*, yaitu tahap perancangan
3. *Develop* yang meliputi tahap validasi, uji kelayakan dan uji coba terbatas dan
4. *Dissemination* yaitu tahap uji coba diperluas dan penyebar-luasan produk.

Modifikasi dari penelitian dan pengembangan dapat dilakukan menjadi tiga tahap saja sesuai kebutuhan. Belakangan ini untuk mengembangkan produk-produk pembelajaran dengan tujuan yang sama, direkomendasikan menggunakan *design-based research* yang tahapannya merupakan modifikasi penelitian dan pengembangan yang hanya terdiri dari tiga tahap saja.



Pengembangan prosedur eksperimen untuk pembelajaran kimia dilakukan menggunakan model penelitian pengembangan (*developmental research*). Penelitian ini ditujukan untuk menghasilkan produk berupa prosedur eksperimen (berbasis inkuiri) yang dapat diterapkan pada pembelajaran kimia. Topik penelitian dapat berupa: sintesis, isolasi, analisis, uji kualitas, dan lain-lain. Prosedur eksperimen dikembangkan untuk meneliti pengaruh antar variabel (minimal dua variabel) sebagai dasar untuk pengembangan Lembar Kerja (LK) berbasis inkuiri yang digunakan untuk siswa atau mahasiswa. Oleh karena itu diperlukan penetapan masalah yang melibatkan metode eksperimen dengan meneliti pengaruh antar variabel akibat perlakuan tertentu, yaitu variabel bebas, variabel terikat, variabel kontrol/tetap.

Berikut ini contoh penelitian pengembangan untuk menghasilkan produk berupa prototype reaktor dan prosedur eksperimen pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik (Ida Farida, Helsy, & Nurmelati, 2015). Produk hasil penelitian diharapkan dapat diterapkan untuk pembelajaran kimia baik di tingkat sekolah maupun perguruan tinggi. Prosedur eksperimen berupa lembar kerja yang dikembangkan mencakup tiga aspek: 1) tugas kinerja berorientasi ketrampilan proses sains dan berpikir kreatif, 2) desain pembuatan biogas skala rumah tangga dari sampah organik, 3) format penilaian otentik. Tahap-tahap penelitian yang dilakukan sebagai berikut: 1) Studi pendahuluan (analisis kebutuhan); 2) Perancangan desain reaktor biogas skala rumah tangga dan pembuatan prosedur eksperimen/lembar kerja; 3) Validasi ahli dan uji coba terbatas (Uji kelayakan) untuk menjaring pendapat tanggapan dan saran perbaikan terkait kelayakan prototype reaktor dan perangkat lembar kerja eksperimen yang telah dibuat.

Untuk mendesain pembuatan biogas skala rumah tangga, peneliti menetapkan variabel bebas, yaitu jenis-jenis limbah rumah tangga (sayur-sayuran, buah-buahan, nasi sisa dan lain-lain). Variabel terikat (variable yang diukur) adalah volume biogas yang dihasilkan dan waktu yang diperlukan. Sedangkan variabel control adalah jumlah starter (EM), air, dan lain-lain. Alternatif lain variabel bebas adalah jumlah stater dan air, sedangkan variabel kontrol adalah jenis limbah. Dicari kondisi yang paling optimal untuk menghasilkan produk biogas.

Berdasarkan eksperimen yang sudah dilakukan, peneliti akan mendapatkan komposisi campuran bahan-bahan pereaksi yang akan memberikan hasil biogas yang optimal biogas. Proses untuk mendapatkan

kondisi paling optimal untuk menghasilkan produk merupakan proses inkuiri tersebut dituangkan dalam lembar kerja.

Jika pengembangan eksperimen kimia sudah menerapkan pengendalian/meneliti pengaruh antar variabel, maka prosedur yang dikembangkan sudah menyiratkan sifat inkuiri. Lembar kerja yang dimaksud mengadopsi bagaimana langkah langkah penelitian yang telah dilakukan di laboratorium. Bentuk LK tidak harus mengadopsi model LK yang dimodifikasi dari model pembelajaran, karena harus disesuaikan dengan relevansinya dengan topik yang dikaji.

Karena itu, kajian penelitian harus menggunakan alat dan bahan yang tersedia, terjangkau dan sebaiknya masih dalam lingkup kemampuan peneliti (tidak dikerjakan oleh ahli/lab lain). Jika dikerjakan di lab lain/orang lain yg diluar keahliannya atau produk dihasilkan dengan prosedur yang canggih, maka tidak dapat diterapkan dalam lingkup pembelajaran kimia. Karena itu, untuk kepentingan pembelajaran kimia di sekolah dengan keterbatasan alat dan bahan, tentu lebih diutamakan memanfaatkan material lokal dan berwawasan lingkungan (*green chemistry*)

G. Penelitian kombinasi (Mix Method)

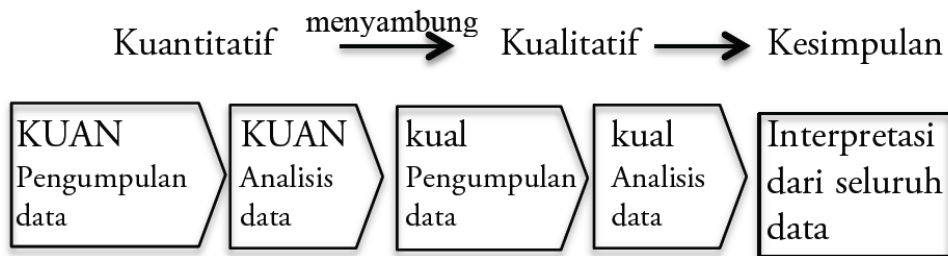
Metode campuran ini digunakan untuk mengatasi keterbatasan tradisi penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif karena dapat mengungkap sekaligus suatu keterkaitan dan menyediakan eksplanasi bagi keterkaitan antara dua pendekatan. Pemilihan metode penelitian *mixed-method* didasarkan pada rumusan masalah penelitian dan kompleksitas dari fenomena yang diteliti. Ada dua kelebihan penggunaan metode campuran ini, yaitu pertama, agar kedua metode kuantitatif dan kualitatif saling memvalidasi atau triangulasi (yaitu

mengkombinasikan dua atau lebih teori atau sumber data dalam mempelajari fenomena yang sama) agar memperoleh pemahaman tentang fenomena secara lebih lengkap. Kedua adalah agar diperoleh hasil penelitian yang saling melengkapi dengan menggunakan kekuatan dari masing-masing metode. Terdapat empat jenis rancangan penelitian *mixed method* (Creswell, 2009), yaitu:

1. Rancangan Triangulasi (*triangulation/concurrent design*): tujuannya adalah mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif secara serentak, menggabungkan data, dan menggunakan hasil untuk memahami masalah penelitian.
2. Rancangan Tertanam (*embedded design*): tujuannya adalah untuk mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif secara serentak tetapi salah satu data berperan sebagai pendukung data yang lain.
3. Rancangan Eksplanatori (*explanatory design*): merupakan rancangan *mixed-method* dua fase, yaitu pertama data kuantitatif dikumpulkan kemudian diikuti pengumpulan data kualitatif untuk membantu menjelaskan data kuantitatif.
4. Rancangan Eksplorasi (*exploration design*): merupakan rancangan *mixed-method* dua fase. Pertama mengumpulkan data kualitatif untuk mengeksplorasi fenomena, diikuti dengan mengumpulkan data kuantitatif untuk menjelaskan hubungan-hubungan yang ditemui dalam data kualitatif.

Jadi dalam penelitian kombinasi (*mixed method*) didalamnya mengandung metode kuantitatif (kuan) dan kualitatif (kual). Hanya saja pada prakteknya penggunaan kuan dan kual berbeda ada yang secara bertahap, ada yang satu waktu, dan ada yang bersifat transformative (Herlanti, 2014).

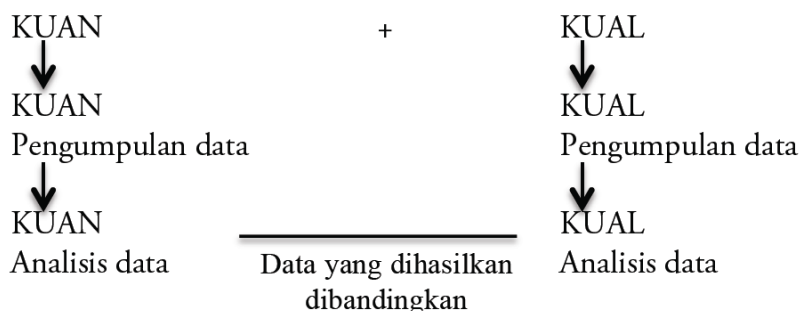
Penelitian kombinasi dilakukan secara bertahap (sekuensial) yaitu kuan dilanjutkan dengan kual. Metode kombinasi sekuensial digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. 7 Metode Kombinasi Sekuensial

Pada gambar terlihat bahwa penelitian berawal dari pengumpulan dan analisis data secara kuantitatif (terlihat penggunaan huruf kapital pada kuantitatif [KUAN] dilanjutkan dengan metode kualitatif (terlihat dari penggunaan huruf lite pada kualitatif [kuan]). Perbedaan penggunaan huruf kapital dan bukan juga menunjukkan, bahwa data pada penelitian kualitatif bersifat mendukung, dan data primernya berupa penelitian kuantitatif. Metode ini dilakukan jika peneliti tidak puas dengan hasil penelitian kuantitatif, sehingga perlu diperdalam dengan metode kualitatif. Jadi kuantitatif dan kualitatif bersifat menyambung tidak sendiri-sendiri.

Penelitian kombinasi konkruen dilakukan dalam satu waktu (konkruen) yaitu kuantitatif dan kualitatif dilakukan secara bersamaan dan berimbang. Metode kombinasi konkruen yang banyak digunakan adalah model desain konkruen triangulasi. Gambar model konkruen triangulasi digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. 8 Model metode kombinasi kongruen triangulasi

Instrumen Penelitian Pendidikan

Relasi antara instrumen penilaian dan penelitian pendidikan adalah dua arah. Penelitian pendidikan memerlukan instrument (alat pengumpul data) yang pada dasarnya adalah alat penilaian. Variabel-variabel dalam penelitian kuantitatif perlu dipastikan nilainya dengan menggunakan alat penilaian (instrumen) yang sesuai. Variabel capaian hasil belajar dinilai dengan tes hasil belajar, variabel penalaran dan aspek-aspek kemampuan psikologis lainnya seperti kemahiran berpikir kritis diukur dengan tes psikologis yang sesuai. Variabel sikap dan motivasi diukur dengan instrumen berbentuk skala sikap dan inventori. Variabel keterampilan diukur dengan rubrik penilaian kinerja.

Terdapat bermacam-ragam alat pengumpul data digunakan dalam penelitian pendidikan, antara lain tes, inventori, skala sikap, pedoman observasi, kuesioner (angket), dan pedoman wawancara (Cohen, Manion & Morrison, 2007). Dalam berbagai studi kuantitatif, pengumpulan data dinamakan juga pengukuran, sebab peneliti memberikan nilai numerik (angka) pada fenomena atau obyek yang diamati dan pada respon yang

diberikan oleh subyek penelitian. Oleh karena itu dalam studi kuantitatif alat pengumpul data dinamakan juga alat ukur (*measuring instrument*). Sementara itu dalam studi kualitatif, khususnya studi etnografik, peneliti umumnya mengandalkan dirinya sebagai instrumen (*researcher as instrument*), sehingga data dan informasi tentang variable-variabel penelitian dituliskan peneliti dalam catatan lapangan (*fieldnotes*). Kalaupun ada wawancara yang dilakukan dalam studi kualitatif, sifatnya sangat kontekstual dan fleksibel, sehingga peneliti umumnya tidak menyiapkan pedoman wawancara yang terstruktur, cukup daftar pertanyaan-pertanyaan utama saja.

Secara rinci instrumen-instrumen penelitian yang luas penggunaannya dipaparkan berikut ini.

Test adalah instrumen yang harus direspon oleh subyek penelitian dengan menggunakan penalaran dan pengetahuannya. Ada dua macam tes yang dipakai dalam penelitian pendidikan, yakni tes psikologis (*psychological test*) dan tes prestasi belajar (*achievement test*). Test psikologis yang sering dipakai dalam penelitian pendidikan sains umumnya berbetuk tes penalaran berbasis teori Piaget, seperti Test of Logical Thinking (TOLT), Test Longeot, Group Assessment of Logical Thinking (GALT). Baik tes psikologis maupun tes prestasi belajar yang digunakan dalam penelitian harus terstandarisasi (*standardized*), dalam pengertian teruji validitas dan reliabilitasnya berdasarkan pengujian empirik.

Inventori adalah instrumen penelitian yang memuat daftar pernyataan yang direspon subyek dengan menyatakan persetujuannya (ya) atau ketidaksetujuannya (tidak) secara pribadi terhadap pernyataan-pernyataan yang diberikan. Inventori disusun sedemikian rupa sehingga mampu

mengungkap kecenderungan kepribadian (*personality traits*) misalnya inventori untuk mengungkap gaya belajar (*learning style*) dan profil kecerdasan majemuk (*multiple intelligence*) seseorang.

Skala sikap (*attitudes scale*) adalah suatu bentuk instrumen untuk mengukur sikap seseorang terhadap obyek sikap tertentu (benda, orang, peristiwa), misalnya pembelajaran sains, bidang studi kimia, ujian nasional, dan guru kimia. Umumnya skala sikap dituliskan dalam format skala Likert, yakni terdapat sejumlah pernyataan sikap, yang direspon subyek dengan menyatakan kesetujuan atau ketidaksetujuannya dalam beberapa tingkatan, misalnya: Sangat setuju (SS), setuju (S), tidak setuju (TS), dan sangat tidak setuju (STS).

Pedoman observasi merupakan instrumen untuk memfokuskan pengamat terhadap aspek-aspek tertentu yang diselidiki ketika ia melakukan observasinya. Dengan-instrumen ini pula aspek-aspek yang diamati dari sejumlah obyek pengamatan (misalnya indikator-indikator perilaku mengajar guru atau perilaku belajar siswa) dapat diperbandingkan. Dengan perkembangan pada teknologi kamera video digital, obyek yang diamati dapat direkam dan disimpan dalam format VCD, sehingga memungkinkan pengamat dapat mengamati ulang obyek yang diamati ketika menganalisis hasil pengamatannya.

Kuesioner (*questioner* atau *questionnaire*) adalah instrumen penelitian untuk mensurvei pilihan, opini, ekspektasi responden dalam jumlah besar. Tidak ada format khusus bagi kuesioner, namun umumnya berupa: (1) sederetan pertanyaan yang perlu dijawab dengan esai singkat, (2) sejumlah pertanyaan dengan beberapa opsi jawaban tersedia, (3) *rating scale*

untuk menentukan nilai suatu obyek, orang atau peristiwa. Oleh karena peneliti dapat mewakilkan kehadirannya kepada petugas pengumpul data pada saat pengumpulan data dengan kuesioner, maka setiap pertanyaan harus jelas, tidak menimbulkan salah tafsir dan munculnya permintaan penjelasan.

Pedoman wawancara adalah daftar pertanyaan yang direncanakan diajukan kepada responden. Pada pedoman wawancara diberikan pula ruang untuk pewawancara menuliskan jawaban responden. Namun, pada saat ini terdapat banyak alat perekam audio dengan sensitivitas yang kuat, yang dapat dipakai merekam jawaban responden. Dengan demikian pewawancara tak perlu menulis jawaban responden, namun pewawancara dapat mengembangkan pertanyaan-pertanyaan lebih lanjut yang bersifat “menggali”, untuk memperoleh informasi yang lengkap dari responden.

Apapun bentuk instrumennya, harus memenuhi kriteria *valid* dan *reliable*. Validitas menunjuk pada kesesuaian antara informasi yang dicari dan pertanyaan yang disusun, sedangkan reliabilitas menunjuk pada konsistensi (keajegan) informasi yang diungkap. Oleh karena itu pada saat dikembangkan, butir-butir pertanyaan instrumen perlu ditulis dengan merujuk pada jenis informasi yang akan digali. Kesesuaian tersebut akan lebih terjamin jika peneliti menyiapkan Tabel Spesifikasi (kisi-kisi) tes yang berformat matriks yang pada kolom pertama memuat informasi yang dicari dan pada kolom berikutnya pertanyaan yang disusun. Timbangan panel ahli (*expert judgement*), 3-5 orang, diperlukan untuk mengevaluasi validitas isi masing-masing butir pertanyaan.

Uji coba tentang keterbacaan pertanyaan-pertanyaan perlu dilakukan, dengan cara memberikan buram (*draft*) instrumen tersebut kepada sejumlah

orang yang dapat dipandang setara dengan responden penelitian, untuk memperoleh informasi tentang aspek-aspek mana dari instrumen yang perlu diperbaiki. Untuk instrumen berbentuk tes, pengujian validitas dan reliabilitas perlu dilakukan secara intensif, dan ciri-ciri psikometrik dari tes yang dipakai perlu dimuat dalam paparan tentang instrumen penelitian sebagai bagian dari metode penelitian.

Di sisi lain, instrumen-instrumen penilaian dapat menjadi obyek penelitian pendidikan. Sejak lama pengembangan instrumen penilaian kompetensi Kimia yang baku (*standardized*) menjadi topik-topik penelitian yang dilaporkan dalam jurnal-jurnal ilmiah. Berdasarkan pandangan teoritis terhadap suatu kompetensi Kimia dielaborasi komponen-komponen dan indikator kompetensi tersebut, setelah itu butir-butir (*items*) yang diprediksi mengukur indikator-indikator tersebut dikembangkan, ditimbang isinya oleh sebuah panel pakar untuk memastikan validitasnya, seterusnya diujikan di lapangan terhadap sejumlah responden yang serupa dengan target pengukuran untuk memastikan reliabilitas instrumen yang dikembangkan itu.

BAB 6. PETA BIDANG KAJIAN DAN TREND PENELITIAN PENDIDIKAN KIMIA

Peta bidang kajian dan trend penelitian pendidikan secara global dapat ditelusuri dari jurnal-jurnal ilmiah level Internasional. Publikasi di jurnal ilmiah sudah seharusnya menjadi kebutuhan para akademisi untuk menyebar-luaskan hasil kajian atau penelitian mereka mengenai berbagai permasalahan di bidang Pendidikan Kimia. Berbagai jenis jurnal pendidikan sains dan kimia dapat digunakan menjadi rujukan oleh peneliti untuk pengembangan selanjutnya.

Berdasarkan survey (Townes & Kraft, 2012), diketahui terdapat 22 jurnal yang dirujuk oleh 267 peneliti pendidikan kimia dan dosen dari 32 negara. Dari survey tersebut diketahui bahwa ada lima jurnal pendidikan sains dan kimia yang termasuk peringkat tertinggi dan semuanya diindeks oleh *ISI (the Institute for Scientific Information)*, yaitu:

1. *Journal of Chemical Education (JCE)*
2. *Chemistry Education Research and Practice (CERP)*
3. *Journal of Research in Science Teaching (JRST)*
4. *International Journal of Science Education (IJSE)*
5. *Science Education (SE)*.

Berdasarkan analisis Chang, Chang, & Tseng, (2010) terhadap empat jurnal internasional (terbitan tahun 1990 – 2007), yaitu *International of Science Education (IJSE)*, *Science Education (SE)*, *Journal of Research in Science Teaching (JRST)* dan *Research in Science Education (RISE)*, diketahui bahwa topik permasalahan yang paling banyak diteliti adalah:

1. Pemahaman konsep-konsep sains;
2. Praktek pembelajaran;
3. Perubahan konsep dan pemetaan konsep
4. Pengembangan profesi
5. Perubahan konsep dan analogi
6. Hakekat sains dan isu-isu sosial
7. Keterampilan berpikir dan pemecahan masalah
8. Pendidikan di perkotaan berbasis desain
9. Sikap dan jender.

Rahayu (2012) telah menganalisis 432 artikel terbitan tahun 2007 – 2011, yaitu: dua jurnal pendidikan kimia: 1) *Journal of Chemical Education (JCE)* dan 2) *Chemical Education Research and Practice (CERP)* tiga jurnal pendidikan sains, yaitu: 1) *International Journal of Science Education (IJSE)*, 2) *Research in Science Education (RISE)*, 3) *Journal of Research in Science Teaching (JRST)*, 4) *International Journal of Science and Mathematics Education (IJSME)*, 5) *Science Education (SE)*, dan 6) *Research in Science and Technological Education (RSTE)*.

Jurnal yang paling banyak memuat artikel penelitian pendidikan kimia adalah jurnal *CERP* dan *JCE*. *CERP* lebih banyak memuat hasil-hasil penelitian pendidikan kimia sedangkan *JCE* memuat konten penelitian, ide-ide dan praktek pembelajaran di kelas. Topik-topik penelitian Pendidikan kimia berdasarkan analisis tersebut dikategorikan menjadi 12 kategori, yaitu sebagai berikut;

1. Pemahaman konsep (*conceptual understanding*) dan perubahan konsep (*conceptual change*)
2. Penggunaan internet dan teknologi, informasi dan komunikasi (ICT)
3. Pemecahan masalah, penalaran dan metakognisi.
4. Metode pembelajaran
5. Pembelajaran inkuiri dan laboratorium
6. Rasa percaya diri (*self efficacy*), sikap, persepsi
7. Multiple representation
8. Analogi, visualisasi
9. Pembelajaran berbasis konteks
10. *Pedagogical content knowledge (PCK)*
11. Asesmen
12. Lain-lain (*public understanding*, buku teks, literasi, teacher change/professional development).

Penggunaan pendekatan dan metodologi penelitian cukup bervariasi, tergantung rumusan masalah dan kompleksitas dari fenomena yang diteliti. Namun terjadi kecenderungan semakin meningkatnya jumlah peneliti yang menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed-method*).

Berdasarkan kajian Firman, (2008), peta penelitian dalam bidang pendidikan kimia di dunia internasional mengindikasikan bahwa topik-topik penelitian yang dilaporkan dalam publikasi ilmiah dalam satu dekade terakhir mencakup sejumlah ranah (*domain*) penelitian, antara lain analisis konsepsi/miskonsepsi peserta didik terhadap konsep-konsep esensial yang menjadi materi, remediasi miskonsepsi kimia, diagnosis kesalahan pemecahan masalah dalam kimia, analisis pembelajaran kimia, inovasi-inovasi pembelajaran kimia, korelat-korelat hasil belajar kimia, serta analisis

data penilaian hasil belajar kimia. Berikut ini deskripsi masing-masing kajian penelitian Pendidikan kimia sebagaimana ditulis oleh (Firman, 2008):

1. Analisis konsepsi siswa.

Penelitian dalam ranah ini mengidentifikasi konsepsi-konsepsi siswa mengenai konsep-konsep esensial dalam silabus mata pelajaran kimia di SMP/MTs dan SMA/MA dengan berbagai macam metode standar, antara lain assessmen dengan tes diagnostik miskonsepsi, interviu klisnis (dengan perekaman) terhadap peserta didik, atau pemetaan konsep oleh peserta didik.

Hasil studi dalam ranah ini diharapkan dapat memperkaya pengetahuan tentang konsepsi-konsepsi alternatif yang ada dalam pikiran siswa sekolah menengah pada umumnya. Pengetahuan ini penting sebagai landasan bagi guru untuk merancang strategi pembelajaran yang efektif untuk mencegah dan menghilangkan miskonsepsi.

2. Remediasi miskonsepsi.

Penelitian-penelitian dalam ranah ini mengembangkan metode, teknik, dan media (konvensional dan digital) pembelajaran yang dirancang untuk meremedi peserta didik yang teridentifikasi mengalami miskonsepsi. Pada umumnya penelitian dalam ranah ini menggunakan teori perubahan konsep (*conceptual change*), yang memberikan kerangka acuan bagaimana suatu miskonsepsi yang sifatnya resisten pada benak siswa dapat diubah.

Pengetahuan yang dihasilkan dari penelitian-penelitian dalam ranah ini sangat dinantikan untuk mengatasi masalah rendahnya hasil belajar yang

rutin kita dihadapi, apalagi pada saat prinsip belajar tuntas (*mastery learning*) dituntut untuk dilakukan dalam tugas profesional saat ini.

Atas dasar miskonsepsi-miskonsepsi yang teridentifikasi dapat dilakukan penelitian untuk mengembangkan dan mengevaluasi efektivitas metode, teknik, dan media (konvensional dan digital) inovatif untuk meremеди kelompok siswa yang mengalami miskonsepsi tersebut. Metode pembelajaran inovatif untuk meremеди miskonsepsi dapat dikembangkan dengan merujuk pada teori tentang perubahan konsep (*conceptual change*). Sementara itu metode penelitian yang laik dipakai untuk mengevaluasi efektivitas metode inovatif yang dikembangkan adalah quasi-ekesperimen

3. **Diagnosis kesulitan dalam memecahkan masalah hitungan kimia.**

Kompetensi melakukan perhitungan-perhitungan numerik dalam pembelajaran kimia, misalnya perhitungan stoikiometri, kesetimbangan, termokimia, pH larutan asam-basa, buffer, hidrolisis, kelarutan, elektrokimia, teridentifikasi sebagai masalah nyata yang dihadapi siswa. Analisis lebih mendalam perlu dilakukan terhadap titik kelemahan peserta didik dalam proses pemecahan masalah, yang menyebabkan mereka memperoleh jawaban salah.

Metode standar yang dapat dipakai dalam mengidentifikasi kelemahan tersebut adalah analisis terhadap respon tertulis peserta didik pada penyelesaian soal hitungan serta metode *thinking-aloud*. Pada penelitian seperti ini subyek penelitian diminta menyelesaikan soal numerik sambil mengutarakan proses penalaran yang terjadi dalam pikirannya, dan peneliti merekamnya. Analisis terhadap transkripsi rekaman tersebut memungkinkan peneliti dapat menelusuri titik awal peserta didik berbuat

salah. Selanjutnya, atas dasar pengetahuan itu strategi-strategi pembelajaran dalam konteks pemecahan masalah numerik kimia dapat dikembangkan.

4. Analisis pembelajaran.

Penelitian dalam ranah ini mengobservasi dan merekam eksplanasi pendidik dan eksplanasi peserta didik dalam situasi pembelajaran kimia yang dilakukan oleh guru piawai ketika mengajarkan suatu materi pokok tertentu pada silabus mata pelajaran kimia. Selanjutnya peneliti melakukan analisis terhadap transkripsi interaksi belajar-mengajar tadi untuk menemukan bagaimana guru memfasilitasi siswa dalam mengkonstruksi konsep kimia.

Strategi guru dalam menerapkan pedagogi materi subyek yang membuat materi pelajaran terpahami (tercerna) menjadi temuan-temuan penting dari penelitian semacam ini. Dapat juga perilaku pengajar guru piawai diperbandingkan dengan guru pemula, sehingga pengetahuan praktis (*practical knowledge of teaching*) guru yang menyebabkan kepiawaian dalam mengajar kimia dapat diidentifikasi dan dihimpun untuk dijadikan model.

5. Pengembangan dan ujicoba pembelajaran inovatif.

Penelitian dalam ranah ini pada dasarnya menerapkan teori, prinsip, pendekatan baru dalam mengajar, atau penggunaan teknologi yang prospektif untuk meningkatkan keberhasilan pembelajaran, khususnya yang

menyangkut materi pembelajaran yang sesuai. Dalam penelitian pada konteks ini dikembangkan suatu program pembelajaran dengan menerapkan teori, prinsip, pendekatan, teknik yang dirujuk, misalnya konstruktivisme, pedagogi materi subyek, CTL (*contextual teaching-learning*), SETS (*science, environment, technology, society*), PBL (*Problem based learning*), *cooperative learning*, visualisasi dengan multimedia, dll.) kemudian mengimplementasikannya dalam kelas oleh pendidik atau peneliti.

Penelitian semacam ini umumnya dilakukan secara penelitian tindakan kelas (*classroom action research*) secara kolaboratif antara peneliti dan pendidik di sekolah. Pengetahuan yang dihasilkan dari penelitian dalam ranah ini memperkaya pilihan model, strategi, pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran yang telah teruji efektivitasnya dalam konteks ujicobanya, sehingga pendidik dapat menggunakannya dalam konteks kelasnya masing-masing.

6. Korelat-korelat hasil belajar kimia.

Hingga saat ini pengetahuan tentang faktor-faktor determinan keberhasilan belajar kimia belum konklusif karena kurangnya penelitian yang dilakukan dalam ranah ini. Akibatnya tidak tersedia rujukan yang dapat dipegang oleh para praktisi pendidikan kimia di lapangan dalam merencanakan pembelajaran. Faktor-faktor tersebut bertemali dengan hasil belajar dalam model struktural yang umumnya cukup kompleks. Pemodelan antarhubungan variabel-variabel dengan hasil belajar diungkap melalui penelitian korelasional. Pengetahuan tentang korelat-korelat hasil belajar kimia ini sangat berguna dalam merencanakan pembelajaran kimia yang

efektif dengan merujuk pada faktor-faktor yang teridentifikasi berpengaruh pada capaian hasil belajar kimia.

7. Analisis data penilaian hasil belajar kimia.

Penilaian hasil belajar, baik oleh Pemerintah, badan independen, satuan pendidikan, maupun pendidik dalam konteks pendidikan kimia menghasilkan lautan data, yang dapat digunakan untuk mengungkap fenomena-fenomena yang terkait pada proses pembelajaran. Basis data hasil Ujian Nasional yang direlease oleh Kemendikbud memberikan data terkonsolidasi yang memperlihatkan proporsi peserta ujian yang menjawab benar dan profil respon siswa terhadap setiap butir soal dalam tes yang dipakai pada unit sekolah, kabupaten/kota, atau nasional, di samping profil rata-rata capaian sekolah, kabupaten/kota, dan secara nasional.

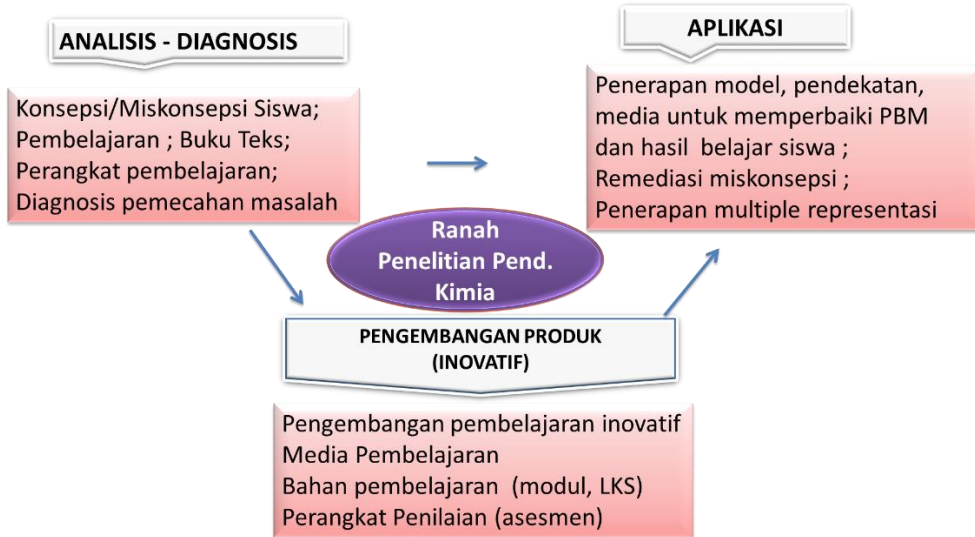
Analisis lebih lanjut terhadap data tersebut (seringkali disebut *secondary data analysis*) terhadap data masing-masing sekolah akan melahirkan temuan tentang profil capaian siswa sekolah itu (termasuk tingkat kompetensi lulusan) serta posisi relatif capaian sekolah itu terhadap rata-rata capaian *benchmark* yang ditetapkan (sekolah lain, kabupaten/kota, provinsi, nasional). Temuan penelitian seperti itu lebih lanjut dapat menjadi alat diagnostik tentang kelemahan dan kekuatan pembelajaran yang dilaksanakan. Tinjauan lebih lanjut antarhubungan antara capaian individual siswa dengan data karakteristik siswa (potensi akademik, bakat, minat, dll.) akan mengungkap lebih banyak hal-hal lain yang menarik dan berguna. Analisis data sekunder dapat pula dilakukan terhadap data hasil penilaian sumatif pretasi belajar lainnya, seperti ulangan akhir semester, atau survey-survey nasional prestasi belajar yang dilakukan Pemerintah.

8. Pengembangan dan Validasi Alat Penilaian Kompetensi

Praktek penilaian kompetensi berbeda dari sekedar penilaian pemahaman konsep. Ketiadaan alat penilaian kompetensi akan menyebabkan yang dievaluasi hanyalah salah satu aspek dari kompetensi saja. Di sisi lain ketiadaan alat uji kompetensi yang dapat dijadikan model dalam mengembangkan soal ujian akhir semester atau bahkan ujian akhir sekolah dan ujian akhir nasional, bahkan menyebabkan praktek pembelajaran kembali ke cara-cara lama yang menekankan memorisasi pengetahuan sebagaimana diujikan dalam tes konvensional (*test driven instruction*).

Oleh karenanya model-model prosedur dan alat penilaian (dalam format test atau penilaian alternatif) yang efektif untuk menilai kompetensi kimia (kognitif, afektif dan psikomotor) baik dalam bentuk tes, skala sikap, ataupun rubrik penilaian keterampilan, perlu digagas, dikembangkan, dan divalidasi melalui penelitian empirik. Dalam konteks penelitian tipe ini pula test-tes kompetensi IPA/Kimia yang digunakan secara internasional (TIMSS & PISA) perlu ditelaah secara mendalam, baik dari segi konstruksi dan, lingkup kompetensi yang dinilai, untuk kemudian menjadi model bagi pengembang tes kompetensi IPA/Kimia di Indonesia ke depan.

Berikut ini gambar pemetaan lebih lanjut dari semua ranah kajian dalam bidang penelitian pendidikan kimia:



Gambar 6. 1 Bidang Kajian Penelitian Pendidikan Kimia

Berdasarkan bagan di atas dapat dilihat ada 3 ranah penelitian pendidikan kimia yang dapat dipetakan, yaitu: 1) Analisis atau diagnosis, 2) Aplikasi dan 3) pengembangan produk inovatif. Berikut ini contoh masing-masing ranah penelitian pendidikan kimia:

Analisis-Diagnostik		
Bidang kajian	Target Konsep	Teknik
Analisis konsepsi/mis-konsepsi	Konsep-konsep esensial kimia	Tes diagnostik; Two tier MC, CRI (<i>Certainty Respon Index</i>); Interviui klinis; Pemetaan konsep, <i>Software : tool representasi</i> (ex : Chemsense); Diagram
Diagnosis kemampuan pemecahan masalah	Pemecahan masalah numerik kimia, fisika (kalkulasi)	Analisis jawaban uraian; <i>Thinking aloud</i> , interviui klinis

Analisis pembelajaran	Eksplanasi guru, interaksi belajar-mengajar	Analisis PMS (Pedagogi materi subyek); observasi
Analisis buku teks	Mode-mode Representasi buku teks ; logika internal penyajian materi, kesesuaian dg karakteristik keilmuan	Analisis konten menggunakan pembandingan dengan kriteria standar
Analisis perangkat penilaian/pembelajaran	Kesesuaian dengan prinsip-prinsip penilaian, validitas isi, level proses berpikir yang diukur	Analisis konten dengan menggunakan kriteria standar
Aplikasi		
Ranah	Target	Teknik
Penerapan model/pendekatan pembelajaran	Memperbaiki PBM dan hasil belajar ; berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, keterampilan proses, pemecahan masalah, pengembangan karakter, kemampuan representasi (dengan bantuan ICT ataupun tanpa ICT)	Penerapan model/pendekatan thdp subyek, pengumpulan data proses pembelajaran melalui observasi aktivitas dan kinerja siswa dan pengukuran hasil belajar.
Remediasi Miskonsepsi	Miskonsepsi terhadap konsep-konsep esensial kimia dengan bantuan ICT ataupun tanpa ICT	Penerapan strategi thdp subyek yg mengalami miskonsepsi, pengumpulan data proses pembelajaran melalui observasi aktivitas dan kinerja siswa dan pengukuran hasil belajar.
Penerapan multiple representasi dalam pembelajaran	Penggunaan berbagai mode representasi (multi modal) dalam pembelajaran ; pembelajaran berbasis web	Penerapan berbagai mode representasi : verbal, verbal grafis, visual 3D dinamis
Pengembangan Produk-Inovatif		
Ranah	Target	Teknik

Pengembangan pembelajaran inovatif	Produk: model/ strategi/ pendekatan/teknik pembelajaran inovatif (dengan ICT atau tanpa ICT)	Pengembangan desain, validasi desain oleh pakar; uji coba desain untuk menguji efektivitas model.
Pengembangan perangkat penilaian (asesmen)	Produk: Alat-alat penilaian kompetensi-hasil belajar kimia, penilaian kinerja, sikap, keterampilan, dsb	Pengembangan desain , validasi konten desain oleh pakar; uji coba desain untuk memvalidasi instrumen
Pengembangan Media pembelajaran ICT atau Non ICT	Produk media pembelajaran ; alat peraga, multimedia, slide, video, dsb	Pengembangan desain, validasi konten desain oleh pakar; uji coba desain/ segi kelayakan dan efektivitasnya
Pengembangan bahan pembelajaran – Modul, LKS	Produk bahan pembelajaran inovatif : e-modul, LKS ,dsb	Pengembangan desain, validasi konten desain oleh pakar; uji coba desain/ segi kelayakan dan efektivitasnya

Berdasarkan reviu terhadap berbagai kajian penelitian, disarankan arah pembelajaran kimia mengakomodasi: 1) Pemahaman terhadap konsepsi awal siswa dan pengembangan inventori dan strategi pengukuran yang tervalidasi untuk mengidentifikasi miskonsepsi; 2) Penggunaan model-model pembelajaran yang memperhatikan perbedaan gaya belajar dan keterbatasan kemampuan kognitif; 3) peningkatan motivasi belajar siswa; 4) melibatkan siswa dalam pembelajaran aktif dan kolaboratif dan membangun dukungan komunitas belajar yang terkondisi; 5) Mengembangkan kurikulum yang terhubung dengan pengalaman hidup siswa dan kebutuhan social; 6) Mengintegrasikan tanggung jawab pendidikan dan praktik-praktik etika ilmiah.

Isu-isu penelitian yang perlu dieksplorasi lebih lanjut adalah bagaimana mengintegrasikan tiga level representasi (makroskopis, submikroskopis dan simbolik) ke dalam kegiatan pembelajaran untuk mengatasi kesulitan belajar dan miskonsepsi siswa. Kegiatan dapat diawali dengan mengembangkan kurikulum yang mengintegrasikan tiga level representasi, bagaimana langkah-langkah pembelajarannya di kelas, serta bagaimana mengembangkan asesmennya sehingga siswa memiliki kemampuan untuk merepresentasikan konsep-konsep kimia dengan baik dan benar.

Di perguruan tinggi, perlu terus digiatkan upaya pengembangan pembelajaran berbasis riset. Pembelajaran berbasis riset bertujuan untuk menciptakan proses pembelajaran yang mengarah pada aktifitas analisis, sintesis, pengembangan wawasan dan evaluasi serta meningkatkan kemampuan mahasiswa dan dosen dalam hal asimilasi dan aplikasi pengetahuan. Peluang pengembangan pembelajaran berbasis riset dilakukan melalui: 1) inovasi pembelajaran dengan mengintegrasikan hasil penelitian (pengayaan kurikulum) dan isu-isu kontemporer penelitian; 2) memperkaya pembelajaran dengan melibatkan partisipasi aktif mahasiswa dalam pelaksanaan penelitian yang dilakukan dosen; 3) Instrumen penelitian digunakan dalam pembelajaran; 4) Penggunaan secara inklusif, konteks dan temuan-temuan penelitian mutakhir digunakan sebagai bahan pembelajaran, dan 5) Produk-produk penelitian dosen disusun dalam bentuk bahan ajar yang digunakan mahasiswa dalam perkuliahan (Umar et al., 2011).

Strategi memadukan pembelajaran dan riset yang secara empirik dikembangkan, antara lain: 1) Memperkaya bahan ajar dengan hasil penelitian dosen. Pada proses pembelajaran ini hasil penelitian dosen

digunakan untuk memperkaya bahan ajar. Dosen dapat memaparkan hasil penelitiannya sebagai contoh nyata dalam perkuliahan, yang diharapkan dapat berfungsi membantu peserta didik; 2) Memahami ide, konsep, dan teori penelitian. Dalam kegiatan ini nilai, etika, dan praktik penelitian yang sesuai dengan bidang ilmu yang diajarkan dapat disampaikan untuk memberikan inspirasi kepada mahasiswa.

Dari segi pengembangan materi, trend riset Pendidikan sains, khususnya Pendidikan kimia mengarah pada Pembelajaran berbasis STEM. Pembelajaran ini mengintegrasikan perancangan desain-desain sistem dan penggunaan teknologi untuk pemecahan masalah nyata. Pendidikan STEM merupakan gerakan global pendidikan menggunakan berbagai pola integrasi untuk pengembangan kualitas sumber daya manusia sesuai tuntutan keterampilan Abad ke-21. Implementasi pembelajaran sains berbasis STEM menuntut pergeseran moda pembelajaran dari pembelajaran berpusat guru ke pembelajaran berpusat peserta didik, dari pembelajaran individual ke arah pembelajaran kolaboratif dan menekankan aplikasi pengetahuan sains, kreativitas dan pemecahan masalah. Implementasi pembelajaran sains berbasis STEM juga menuntut pergeseran metode penilaian, dari penilaian konvensional bertumpu pada ujian ke arah penilaian otentik yang menekankan penilaian kinerja dan produk kerja. Riset-riset mahasiswa perlu didorong untuk berkontribusi pada pengembangan pendidikan STEM, melalui mengembangkan unit-unit pembelajaran beserta alat dan bahan pembelajaran, yang terbukti keefektifannya melalui riset ilmiah berbasis kelas.

Dalam melaksanakan tugas pokok tri dharma perguruan tinggi Program Studi Pendidikan Kimia UIN Sunan Gunung Djati Bandung sangat

memperhatikan berbagai isu strategis sesuai dengan arah dan kebijakan penelitian dan tema pengabdian dalam periode 5 tahun ke depan yaitu:

Pemecahan masalah/isu-isu strategis bidang Pendidikan Kimia melalui integrasi penelitian pembelajaran kimia dan kimia terapan untuk peningkatan kualitas pendidikan di Madrasah/Sekolah dan peningkatan kompetensi Mahasiswa Calon guru di Program Studi Pendidikan Kimia.

Hasil perumusan Penelitian dibuatkan peta jalan (road map) secara detail untuk kurun waktu lima tahun (2012-2018) serta topik-topik Penelitian yang diperlukan. Topik unggulan tersebut kedepan menjadi fokus penelitian Program Studi Pendidikan Kimia. Identifikasi unggulan ini diperlukan untuk lebih memfokuskan strategi penyelesaian masalah yang akan dilakukan serta alokasi sumber pendanaan.

Peta jalan (roadmap) penelitian, mencakup topik penelitian dan peta kegiatan/indikator penelitian yang telah disepakati. Penelitian yang direncanakan, serta rencana arah penelitian setelah kurun waktu kegiatan yang akan dikerjakan. Peta jalan Penelitian merupakan rincian pelaksanaan program kegiatan penelitian yang hendak dicapai dalam jangka waktu tertentu.

Penelitian di PS Pendidikan Kimia memadukan penelitian pembelajaran kimia di Madrasah/Sekolah dengan hasil penelitian di laboratorium kimia. Pengembangan konten kimia tidak hanya dilakukan melalui penelusuran kepustakaan, namun juga melalui penelitian empirik di laboratorium kimia agar diperoleh metode, data dan kajian-kajian praktis yang selanjutnya dapat dikembangkan dalam format desain pembelajaran yang komprehensif. Hasil penelitian selanjutnya diimplementasikan pada

konteks perbaikan pembelajaran di Madrasah/sekolah dan/atau untuk pembekalan kompetensi mahasiswa calon guru di PS Pendidikan Kimia.

Tema-tema penelitian pendidikan kimia ke dalam dipetakan dalam Tabel berikut ini:

ISU STRATEGIS	TEMA PENELITIAN	TOPIK-TOPIK INTI PENELITIAN
A. Manajemen laboratorium Madrasah/Sekolah	Kajian empirik praktik di Madrasah/Sekolah.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pendataan Administrasi laboratorium 2) Penggunaan laboratorium kimia 3) Pengelolaan dan pengolahan limbah kimia 4) Pendayagunaan alat praktikum kimia 5) Penerapan tata kelola laboratorium kimia
	Pelatihan manajemen Laboratorium di Madrasah/Sekolah	<ol style="list-style-type: none"> 1) Model Pelatihan manajemen Laboratorium di Madrasah/Sekolah 2) Model Pelatihan Eksperimen dengan pemanfaatan material local untuk menghasilkan produk kimia yang halal dan ramah lingkungan
B. Media Pembelajaran di Madrasah/Sekolah	Kajian Empirik penggunaan media pembelajaran kimia	Profil penggunaan media pembelajaran kimia di Madrasah/Sekolah
	Pengembangan Media Pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pembuatan Media pembelajaran dengan material lokal dan/atau ramah lingkungan pada topik-topik kimia terpilih 2) Pembuatan Media untuk pembelajaran berbasis ICT untuk topik-topik kimia terpilih
C. Sistem assesmen pembelajaran	Kajian empiric sistem assesmen kimia di Madrasah/Sekolah	<ol style="list-style-type: none"> 1) Profil penggunaan sistem assesmen di madrasah/Sekolah 2) Profil kompetensi siswa di Madrasah/Sekolah 3) Profil kompetensi mahasiswa calon guru kimia

ISU STRATEGIS	TEMA PENELITIAN	TOPIK-TOPIK INTI PENELITIAN
	Pengembangan sistem assesmen	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pengembangan assesmen kinerja ilmiah 2) Pengembangan assesmen kognitif 3) Pengembangan assesmen sikap ilmiah 4) Pengembangan assesmen Portofolio, produk dan proyek 5) Pengembangan assesmen keterampilan berpikit tingkat tinggi 6) Pengembangan assesmen untuk mengukur literasi kimia/sains 7) Pengembangan assesmen untuk mengukur keterhubungan tiga level representasi kimia
D. Bahan ajar dalam pembelajaran kimia	Kajian empirik bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran kimia	<ol style="list-style-type: none"> 1) Profil penggunaan bahan ajar kimia di Madrasah/Sekolah 2) Analisis bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran kimia di Madrasah/Kimia 3) Analisis bahan ajar yang digunakan dalam perkuliahan untuk pembekalan kompetensi mahasiswa calon guru
	Pengembangan Bahan ajar	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pembuatan bahan ajar berorientasi interkoneksi multiple representasi dan kontekstual. 2) Pembuatan bahan ajar berbasis ekperimen yang berorientasi material local untuk menghasilkan produk kimia yang halal dan ramah lingkungan. 3) Pembuatan bahan ajar untuk pembekalan kompetensi mahasiswa calon guru untuk topik terpilih 4) Pembuatan bahan ajar yang kontennya terintegrasi dengan isu-isu mutakhir perkembangan sains dan teknologi (STEM)

ISU STRATEGIS	TEMA PENELITIAN	TOPIK-TOPIK INTI PENELITIAN
	Pengembangan Lembar Kerja	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pembuatan Lembar Kerja (LK) Eksperimen dengan material lokal untuk menghasilkan produk kimia yang halal dan/atau ramah lingkungan dalam pembelajaran kimia 2) Pembuatan Lembar Kerja (LK) non Eksperimen untuk pembelajaran kimia pada topik-topik terpilih 3) Pembuatan Lembar Kerja Eksperimen yang terintegrasi dengan isu-isu mutakhir penelitian kimia dan teknologi (STEM)
E. Model-model Pembelajaran Kimia	Pengembangan dan Implementasi model pembelajaran kimia di Madrasah/ Sekolah	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pengembangan dan Penerapan model pembelajaran berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi 2) Pengembangan dan Penerapan model pembelajaran berorientasi nilai-nilai dan karakter keislaman 3) Pengembangan dan Penerapan model pembelajaran berorientasi interkoneksi multiple representasi dan kontekstual 4) Pengembangan dan penerapan model pembelajaran berbasis eksperimen dengan pemanfaatan material lokal untuk menghasilkan produk kimia yang halal dan/atau ramah lingkungan.
	Pengembangan dan Implementasi model perkuliahan untuk pembekalan kompetensi mahasiswa calon guru	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pengembangan dan Penerapan model pembelajaran perkuliahan untuk pembekalan kompetensi profesional mahasiswa calon guru 2) Pengembangan dan Penerapan model pembelajaran perkuliahan untuk pembekalan kompetensi pedagogi mahasiswa calon guru 3) Pengembangan dan penerapan model pembelajaran berbasis eksperimen untuk menghasilkan produk kimia yang halal dan/atau ramah lingkungan.

Berdasarkan table di atas dapat dilihat ada lima isu strategis yang diturunkan dari kebutuhan pengembangan pembelajaran kimia, yaitu; isu

yang berkaitan dengan laboratorium kimia, media pembelajaran, bahan ajar, sistem asesmen dan model-model pembelajaran. Ke lima isu itu dapat dikembangkan lebih spesifik menjadi tema dan topik-topik penelitian yang memvariasikan metode/pendekatan pemecahan masalah yang sesuai dengan karakteristik konsep atau materi kimia yang dikaji.

Pengembangan topik-topik penelitian perlu merujuk pada hasil-hasil penelitian terdahulu yang dipublikasikan di berbagai jurnal, baik jurnal nasional maupun internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, T. L., Lemay, E. H., Bursten, B. E., & Murphy, C. (2012). *Chemistry: The Central of Science* (12th ed.). New York: Pearson Education.
- Chang, Y. H., Chang, C. Y., & Tseng, Y. H. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19(4), 315–331. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9202-2>
- Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quntitative and Mixed Methods Approaches* (Third). Nebraska: Sage, Pub.
- Darmalaksana, W. (2018). *Instruksi Kerja Penelitian & Publikasi Ilmiah*. (W. D. Ismail, Ed.). Bandung: Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung. Retrieved from lp2m.uinsgd.ac.id
- Farida, I. (2017). *Evaluasi Pembelajaran Berdasarkan Kurikulum Nasional*. Bandung: PT Remaja Rosda Karya.
- Farida, I., Helsy, I., & Nurmelati, M. (2015). Pengembangan Prototype Reaktor Dan Prosedur Eksperimen Pembuatan Biogas Skala Rumah Tangga Dari Sampah Organik Untuk Pembelajaran Kimia <http://bit.ly/2cle4yr>. In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. <http://bit.ly/2cle4yr>.
- Farida, I., Liliyasi, L., Sopandi, W., & Widyantoro, D. H. (2017). A web-based model to enhance competency in the interconnection of multiple levels of representation for pre-service teachers. In *Ideas for 21st Century Education* (pp. 359–362). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315166575-84>
- Farida, I., Liliyasi, L., Widyantoro, D. H., & Sopandi, W. (2010). Representational Competence's Profile of Pre-Service Chemistry Teachers in Chemical Problem Solving. In *4th International Seminar of Science Education, Bandung* (Vol. 30).
- Firman, H. (2008). Peta penelitian dalam bidang pendidikan kimia. In *Workshop Penelitian Tindakan Kelas* (pp. 1–8). Bandung: UPI.

- Firman, H. (2015). Pendidikan Sains Berbasis Stem: Konsep, Pengembangan, Dan Peranan Riset Pascasarjana. In *Seminar Nasional Pendidikan IPA dan PKLH* (pp. 1–9). Bogor: Program Pascasarjana Universitas Pakuan.
- Firman, H. (2016). *Hakikat Sains*. Bandung: Universitas pendidikan Indonesia.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Multiple Representations in Chemical Education. In D. F. Gilbert, J. K., & Treagust (Ed.), *Multiple Representations in Chemical Education* (Vol. 2, pp. 1–30). Cambridge: springer. <https://doi.org/10.1017/978-1-4020-8872-8>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education*. (1, Ed.) (Vol. 4).
- Hafsah. (2015). Implementasi Riset Based Learning Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Pembelajaran. In *SNEMA*. Padang: Universitas Negeri Padang. Retrieved from <http://fe.unp.ac.id/>
- Herlanti, Y. (2014). *Tanya Jawab Seputar Penelitian Pendidikan Sains*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Hoskins, S., & Mitchell, J. (2015). *Innovative pedagogies series : Research-based learning , taking it a step further*. Heslington,England. Retrieved from https://www.heacademy.ac.uk/system/files/sherria_hoskins_final.pdf
- Junpeng, P., & Tungkasmit, A. (2014). The Continuing Professional Development of the Assessment through Research-based Learning in Higher Education of Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 737–742. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.474>
- Lavonen, J., & Krzywacki, H. (2014). Recent trends in PhD education in science and mathematics education research: Back to university-level organisation. *Nordina*, 10(2), 243–250.
- Martinez, J. G., & Elena, S.-T. (Eds.). (2014). *Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends*. London: Wiley.
- Rahayu, S. (2012). Penelitian Pendidikan Kimia: Trend Global. In *Seminar*

Nasional Kimia (pp. 2–24). Surabaya: Unesa University Press.

- Sota, C., & Peltzer, K. (2017). The Effectiveness of Research Based Learning among Master degree Student for Health Promotion and Preventable Disease, Faculty of Public Health, Khon Kaen University, Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237(June 2016), 1359–1365. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.226>
- Taber, K. S. (2009). Learning at the Symbolic Level. In *Multiple Representations in Chemistry, Models and Modeling in Science Education 4* (pp. 75–105). <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8>
- Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2017). Student Teachers' Knowledge About Chemical Representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 39–55. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9672-z>
- Thompson, J. M. T. (2001). *Visions of the future: chemistry and life science*. (P. Cambridge, Ed.). United Kingdom. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=HloGirdFD0sC&printsec=frontcover>
- Towns, M. H., & Kraft, A. (2012). The 2010 Rankings of Chemical Education and Science Education Journal by Faculty Engaged in Chemical Education Research. <https://doi.org/10.1021/ed100929g>
- Umar, M. K., Yusuf, M., Supartin, Uloli, R., Abjul, T., & Ntobuo, N. E. (2011). *Pengembangan Pembelajaran Berbasis Riset Di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Gorontalo*. Gorontalo.
- Wannapiroon, P. (2014). Development of Research-based Blended Learning Model to Enhance Graduate Students' Research Competency and Critical Thinking Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 136, 486–490. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.361>
- Yeoh, M. (2017). *Exploring current trends in Chemistry education*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30349.54242>

Buku ini disusun untuk menjawab kebutuhan bahan rujukan yang dapat digunakan untuk mengarahkan bidang kajian Pendidikan Kimia sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian dan pengembangan pembelajaran kimia yang dilandasi riset. Oleh karena itu, pada buku ini dideskripsikan bagaimana hakikat ilmu kimia dan Pendidikan kimia yang menjadi dasar untuk mengembangkan model-model penelitian pendidikan kimia. Dibahas juga bagaimana peta bidang kajian penelitian dan trends penelitian yang berkembang dalam lingkup Internasional yang dapat menjadi rujukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

ISBN 978-602-5623-41-1



