

SAINS

MICRO LEARNING INDUKTIF DAN DEDUKTIF BERBANTUAAN VIDEO EKSPERIMEN



(Induktif: laju reaksi vs luas permukaan)



<https://youtu.be/d5EIVEID-cw>



(Deduktif: laju reaksi vs konsentrasi/tekanan)



Dr. Ida Bagus Nyoman Sudria, M.Sc.
Prof Dr. I Wayan Redhana, M.Si.
Dr. I Wayan Suja, M.Si.
2023

SAINS
***MICRO LEARNING* INDUKTIF DAN DEDUKTIF**
BERBANTUAAN VIDEO EKSPERIMEN

Dr. Ida Bagus Nyoman Sudria, M.Sc.

Prof Dr. I Wayan Redhana, M.Si.

Dr. I Wayan Suja, M.Si.

Konsultan konten kimia

Prof. Drs. I Wayan Muderawan, MS., Ph.D.

Universitas Pendidikan Ganesha



Dipublikasi oleh Unit Percetakan Undiksha Press, Jalan Udayana, Nomor 11 Singaraja, Kode Pos 81116, Bali, e-mail: undiksha-press@undiksha.ac.id, www.penerbit.undiksha.ac.id, Telp/Faks. (0362) 26327. @Penerbitan pertama 2023 oleh Undiksha Press. Dilarang mengutip, menjiplak, atau memfotokopi sebagian atau keseluruhan isi buku serta memperjualbelikannya, kecuali untuk transmisi dan pembelajaran secara *online*.

ISBN 978-623-5394-23-7



PRAKATA

Berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa prototipe “*micro learning* ilmiah induktif dan deduktif berbantuan video eksperimen” ini dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu prototipe sumber belajar sains yang dibutuhkan terutama dalam situasi belajar hanya melalui daring dan bahkan juga tetap penting dalam pembelajaran melalui luring, *blended* dan/atau *hybrid*. Pengembangan prototipe *micro learning* ini mengikuti model pengembangan model Borg and Gall, dan pengembangan video eksperimen pendukung mengikuti model Luther. Dengan membatasi konten mikro pada sebuah rumusan hipotesis sebab dan akibat, tuntutan konten mikro dalam pembelajaran untuk mengakomodasi keutuhan aspek-aspek ketrampilan proses sains yang meliputi kognitif, produk, dan afektif dapat dipenuhi. Segmen-segmen video eksperimen terutama tentang pengumpulan dan catatan data pembuktian hipotesis serta video animasi dukungan aspek molekuler (sub-mikroskopis) tentang gejala peristiwa yang cenderung sebagai variabel bebas sangat kuat mendukung konstruksi sasaran konsepsi ilmiah (pengetahuan konseptual) sebab-akibat melalui keterampilan proses sains. Tayangan animasi molekuler dalam *micro learning* dapat memberdayakan sumber *online* yang cukup tersedia di internet melalui URL tautan sumber. Hanya saja keterbatasan jaminan penguasaan keterampilan fisik (*hands on*) seperti keterampilan penggunaan alat dan pengelolaan bahan perlu diusahakan sendiri oleh subjek belajar. Kecenderungan penguasaan keterampilan fisik dari latihan sendiri sangat tinggi seperti yang umum dilakukan melalui video tutorial *online*. Bagian utama prinsip penggunaan alat dan bahan sudah tergambar dalam tayangan video eksperimen.

Konten mikro yang dibatasi pada sebuah hipotesis sebab-akibat cukup efektif mengarahkan pada durasi *micro learning* yang tidak terlalu panjang dan dapat mengakomodasi aspek belajar secara utuh sesuai dengan tuntutan didaktik. Kebutuhan sumber *micro learning* sains yang berkualitas dalam *mobile learning* terus meningkat dan sangat penting terutama dalam belajar hanya melalui daring. Rumusan sebuah hipotesis sebab-akibat sesungguhnya menjadi acuan menyelaraskan keseluruhan kegiatan fase-fase kerja ilmiah seperti melalui siklus 5M (mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasi). Keberhasilan fase-fase kerja ilmiah selanjutnya sangat ditentukan oleh keberhasilan fase pengamatan awal, menanya, dan pengumpulan data. Kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah sesungguhnya membuktikan kebenaran hipotesis sebagai rumusan sementara konsepsi (pengetahuan) ilmiah yang menjadi sasaran belajar. Pengamatan informasi awal dalam fenomena latar yang dikuatkan dengan pengamatan fenomena terkait di sekitar secara tepat akan mengarahkan pada perumusan masalah investigasi (fase menanya) dan rumusan hipotesis (awal fase pengumpulan data) yang cenderung bisa dicapai. Hal demikian akan menumbuhkan spirit investigasi atau *conscious investigation* atau *investigative-oriented learning*.

Kami mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah membantu mewujudkan prototipe *micro learning* induktif dan deduktif dengan bantuan video eksperimen ini. Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pendidikan Ganesha telah memberikan dukungan dana dan administrasi pengelolaan.

Prof. Drs. I Wayan Muderawan, MS., Ph.D, sebagai ahli isi Prof. Dr. Ida Bagus Putrayasa, M,Pd. sebagai ahli Bahasa, dan Dr. I Wayan Sukra Warpala, M.Sc., sebagai ahli media telah memberikan pertimbangan dan masukan yang konstruktif. Ni Made Sri Narawati, S,Pd., M.Pd., I Wayan Januariawan, S.Pd.,M.Si., Ida Ayu Putu Widiartini, S.Pd.,M.Pd., Dra. Luh Maharani Merta, M.Pd., Ni Luh Sudewi,S.Pd.,M.Pd., dan Kadek Adi Mahendra, S.Pd. sebagai guru/praktisi pendidikan kimia yang telah memberi tanggapan dan masukan yang positif. Sejumlah mahasiswa Ida Ayu Fanny Kharisma Gupta, Kadek Ega Suryani, Muhammad Yusran, Ida Ayu Ade Sri Anggraeni, Komang Trisna Ayu Cahyani, dan Devina Mega Utami turut berkontribusi dalam mengerjakan skripsi dalam payung penelitian terkait. Sejumlah 14 orang mahasiswa Jurusan Kimia Universitas Pendidikan Ganesha tingkat I, II, III, dan IV ke atas peserta *google meet focus group discussion* tentang contoh dua pasang produk dari prototipe *micro learning* ini. Pihak lain juga turut membantu. Masukan yang membangun dari semua pihak terus kami harapkan untuk penyempurnaan. Semoga prototipe *micro learning* ini berguna seperti yang diharapkan.

Singaraja, 3 Desember 2022,

Pengembang

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
GLOSARIUM	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Rasional	1
1.2 Rancangan Prototipe <i>Micro Learning</i> Berbantuan Video Eksperimen	4
1.2.1 Capaian pembelajaran pengetahuan (CPP) dan tujuan pembelajaran	4
1.2.2 Isi dan organisasi <i>micro learning</i>	6
BAB II FONDASI <i>MICRO LEARNING</i> INDUKTIF DAN DEDUKTIF	8
2.1 Sains	8
2.2 Belajar Sains dengan Pendekatan Ilmiah	9
2.3 Penalaran Dasar Induktif dan Deduktif	10
2.4 Spirit Investigasi dalam Belajar Sains	11
2.5 Video Eksperimen untuk <i>Micro Learning</i> Induktif dan Deduktif	12
BAB III PENGEMBANGAN PROTOTIPE <i>MICRO LEARNING</i> DENGAN PENDEKATAN ILMIAH	14
3.1 Model Pengembangan <i>Micro learning</i>	14
3.2 Model Pengembangan Video Eksperimen	15
BAB IV PROTOTIPE <i>MICRO LEARNING</i> INDUKTIF DAN DEDUKTIF	16
4.1 Identifikasi Konten Mikro	16
4.2 Tiga Pasang Contoh <i>Micro Learning</i> Induktif dan Deduktif Berbantuan Video Eksperimen	28
4.2.1 Sepasang <i>micro learning</i> induktif dan deduktif skala pH berbantuan video eksperimen	29
A. <i>Micro learning</i> induktif skala pH	29
B. <i>Micro learning</i> deduktif skala pH	42
C. Tes formatif <i>micro learning</i> skala pH	55
4.2.2 Sepasang <i>micro learning</i> induktif dan deduktif faktor yang memengaruhi laju reaksi berbantuan video eksperimen	57
A. <i>Micro learning</i> induktif faktor yang memengaruhi laju reaksi	57
B. <i>Micro learning</i> deduktif faktor yang memengaruhi laju reaksi	80
C. Tes formatif <i>micro learning</i> faktor memengaruhi laju reaksi	102
4.2.3 Sepasang <i>micro learning</i> induktif dan deduktif penurunan tekanan uap larutan berbantuan video eksperimen	106
A. <i>Micro learning</i> induktif penurunan tekanan uap larutan	106
B. <i>Micro learning</i> deduktif penurunan tekanan uap larutan	116
BAB V PENUTUP	126
DAFTAR PUSTAKA	128

GLOSARIUM

Aspek pembelajaran utuh: mencakup kognitif, afektif, dan produk

Deduktif: alur informasi dalam penarikan kesimpulan mulai dari konsepsi ilmiah umum kemudian didukung oleh contoh-contoh yang menguatkan kebenaran konsep tersebut atau konsepsi ilmiah turunannya

Fraksi mol: mol suatu zat per mol total dalam larutan

Hipotesis: kesimpulan sementara berupa satu konsepsi (pengetahuan) ilmiah dalam bentuk satu kalimat akibat-sebab atau sebab- akibat

Induktif: alur informasi dalam penarikan simpulan mulai dari contoh bagian-bagian menuju simpulan generalisasi pengetahuan yang dapat dibangun

Katalis: suatu materi yang ditambahkan pada suatu sistem reaksi yang mengubah laju reaksi, tetapi materi tambahan tersebut kembali terbentuk setelah terbentuk produk reaksi.

Konsentrasi: kepekatan (kadar) suatu larutan dengan satuan yang menyesuaikan dengan satuan kuantitas zat terlarut dan pelarut atau larutan.

Konten mikro (*micro content*): *self-contained and meme size chunks of data* yakni potongan data utuh dan berukuran *meme* (seperti video atau genre) yang secara individual dapat dialamatkan dan diproses baik oleh komputer maupun oleh pikiran

Laju reaksi: kuantitas penambahan zat atau pengurangan zat reaktan dari suatu reaksi per satuan volum dan per satuan waktu

Luas permukaan materi padat: lebar permukaan semua bagian bentuk (butiran kotak, bola, dan/atau lain) penyusun materi padat tersebut

Micro learning: sebuah program pembelajaran yang hanya berisi sebuah konten mikro

Molaritas: mol zat terlarut per liter larutannya

Skala pH 1-14: rentang derajat keasaman atau kebasaan dari yang paling asam hingga paling basa

Suhu/temperatur: derajat kepanasan suatu materi yang ditunjukkan oleh termometer pengukurnya

Tekanan uap jenuh larutan: tekanan uap jenuh pelarut yang berkesetimbangan fase dengan larutannya

Tingkat makroskopis materi: kajian gejala yang dapat diamati seperti warna

Tingkat submikroskopis materi: kajian molekuler dari materi (tidak kasat mata, tetapi kasat instrumen misalnya dengan IR, NMR, atau mikroskop elektron)

Tingkat simbolik materi: kajian tingkat simbol materi seperti rumus kimia

Video eksperimen: rekaman visual terutama segmen pengumpulan dan catatan data untuk pembuktian sebuah hipotesis

Video animasi: video visualisasi terutama gerakan partikel sub-mikroskopis (molekuler) dari materi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Rasional

Situasi pembelajaran hanya melalui daring yang sudah terjadi lebih memperburuk kualitas belajar sains yang seharusnya melibatkan eksperimen di laboratorium sekolah. Dampak pelemahan kualitas belajar sains masih dirasakan meskipun belajar melalui daring sudah bisa dilakukan. Program *micro learning* muncul sebagai kebutuhan dalam mobile learning dan sangat cocok dalam situasi belajar melalui daring. Selain untuk mengantisipasi situasi yang sama (belajar hanya melalui daring) masih mungkin terjadi, kebutuhan unit-unit kecil sumber belajar sains yang utuh (mengakomodasi proses, produk, dan afektif) dan berkualitas untuk mengulang belajar tentang konten sains yang hilang maupun yang diperlukan ke depan, perlu dikembangkan *micro learning* dengan bantuan video eksperimen.

Ketersediaan visualisasi pembuktian hipotesis (eksperimen) merupakan keharusan dalam pembelajaran dengan pendekatan ilmiah, tidak terkecuali dalam pembelajaran melalui daring. Keterampilan dasar ilmiah (belajar melalui penemuan ilmiah) dengan penalaran dasar induktif dan deduktif yang alurnya kontradiktif perlu dilatih secara konsisten terutama pada subjek belajar yang belum memiliki keterampilan ilmiah memadai untuk lebih menguatkan keterampilan mental rasional berbasis data (*mindset* ilmiah) dan mengurangi kebiasaan belajar menghafal (*rote learning*) yang dominan. Penggabungan kedua penalaran dasar secara tidak tepat bagi peserta belajar yang belum memadai memiliki keterampilan dasar tersebut cenderung akan membingungkan dan mengarahkan penguasaan pengetahuan dengan menghafal (Sudria, 2016). Kualitas belajar sains yang rendah mengindikasikan belum berhasilnya pembinaan keterampilan proses sains. Indonesia merekomendasikan belajar keterampilan proses sains, seperti sudah diprogramkan sejak Kurikulum 1984 (cara belajar siswa aktif atau CBSA), Kurikulum 1994 (keterampilan proses sains), KTSP 2006 (penilaian otentik), dan KTSP 2013 (pendekatan ilmiah). Namun belum berhasil, kebiasaan belajar dengan menghafal (*rote learning*) masih dominan terjadi pada mahasiswa calon guru Program Studi Pendidikan Universitas Pendidikan Ganesha (Sudria, 2013; 2020) yang cenderung menguatkan hasil *Program for International Science Assessment* atau PISA (OECD, 2007; 2014; dan 2016) yaitu mendapatkan kualitas belajar sains Indonesia tetap rendah mulai sejak awal turut sebagai sampel PISA.

Paradigma belajar *student-centered*, *constructivist learning*, *scientific learning*, *transformative learning*, dan *self-directed learning* mengarah pada *deep learning* dalam konstruksi pengetahuan yang berkualitas dengan memberdayakan kemajuan fasilitas teknologi informasi dan akses *online*. Keberhasilan belajar sains perlu didukung spirit investigasi seperti tersirat dalam *conscious investigation* atau *investigative-oriented learning* yakni sebuah proses yang mengaktifkan kesadaran tentang aspek-aspek yang dipelajari dan sekaligus penggunaannya (NQS, 2011, Tan, M.M.L., 2001). Spirit investigasi merupakan kesadaran siswa sendiri berinvestigasi dan mampu melakukannya.

Pendidikan *Science for All* menekankan pada inkuiri untuk isi sains yang dasar dan esensial dengan merumuskan *benchmark* untuk level kelas 3, 5, 8, dan 12 (AAAS, 1993). The Project for International Science Assessment untuk siswa usia 15 tahun

(sekitar akhir kelas 9) dengan 6 tingkatan kualitas belajar sains (PISA, 2016) yakni dengan kutipan beberapa bagian kriteria sebagai berikut. Kategori level 1, “.. *students can undertake structured scientific enquiries with no more than two variables*” untuk hubungan sebab-akibat atau korelasi sederhana. Level lebih tinggi menuntut lebih mandiri dan pengetahuan yang lebih abstrak. Level 4, “...*they can conduct experiments involving two or more independent variables in a constrained context*”. Level 5, “...*students can evaluate ways of exploring a given question scientifically and identify limitations in interpretations of data sets including sources and the effects of uncertainty in scientific data*”. Level 6, “...*students can evaluate competing designs of complex experiments, field studies or simulations and justify their choices*”.

Micro learning yang berkembang sangat pesat sejak mulai dimunculkan dalam *conference* 2005 di Austria sebagai dampak perkembangan komputer, internet, dan telepon selular yang telah mengubah lingkungan hidup, bekerja, dan belajar seperti *e-learning* (Bruck, 2006). *Micro learning* merupakan platform melihat dan mendiskusikan dampak dan pengembangan semua teknologi dan praktik di mana **konten mikro** digunakan, diproduksi, dan diedarkan. Konten mikro merupakan bit-bit teks dalam bentuk baru yang digabungkan secara longgar (Bruck, 2006), pemahaman paradigmatis pada *micro levels of learning process* dalam lingkungan yang dimediasi (Hug, 2006), sesuai kebutuhan *micro media* ke depan berupa *self-contained and meme size chunks of data* yang secara individual dapat dialamatkan dan diproses baik oleh komputer maupun oleh manusia (Linder, 2006). Leene (2006) menguraikan karakteristik konten mikro dengan fokus suatu, ide, topik yang tunggal; struktur dengan isi lengkap; *self-contained*; tidak terpisahkan dalam memberikan pemaknaan; dan dapat diberi alamat secara efektif (dengan nama *database* khas) yang sejalan dengan definisi formal “*micro content are self-contained indivisible structured pieces of content, which have a single focus and a unique address for (re-findability)*”. Lebih lanjut juga diberikan bahwa contoh-contoh mikro konten dapat berupa sebuah resep, sebuah video mikro konten, sebuah peristiwa, sebuah rekaman suara mikro konten, gambar/foto, sebuah *review*, atau sebuah *bookmarks*. Koleksi mikro konten dapat dikelompokkan seperti sesuai jenis atau bidang. Untuk kebutuhan tertentu, konten mikro dapat diagregasi mengikuti jenis, bidang, atau hal lain (Leene, 2006). Segmen video pembuktian hipotesis/eksperimen adalah konten mikro dan bahkan integrasi dengan segmen-segmen video pembuktian sebuah hipotesis masih berupa sebuah konten yang tidak dapat dipisahkan (konten mikro). Kluster konten dari beberapa hipotesis yang terkait untuk sebuah sub-topik masih cukup layak dianggap konten mikro (setidaknya meso konten untuk sebuah *meso learning* yang relatif kecil).

Micro learning dihubungkan dengan *micro didactic* yang melibatkan *didactic triangle* (konten, guru, dan subjek belajar) dalam hubungannya dengan internet dan teknologi web secara umum yang memerlukan format teknis objek belajar dalam bentuk “*chunks*” of digital, konten instruksional yang *multi dial* (Friesen, 2006). Kebutuhan terhadap *micro learning* tidak saja cakupannya mikro yang lebih praktis dalam komunikasi melalui internet atau teknologi web, juga kemungkinan lebih lanjut tentang level meso sebagai bentuk interaksi dari *micro learning* (Friesen, 2006). *Micro learning* menawarkan kemungkinan *ubiquitous learning* (pembelajaran di mana dan kapan saja) yang mengaitkan hubungan antara *micro learning* dan *mobile learning* (Peschl, 2006). *Micro learning* tidak sebatas untuk ontologi pengetahuan,

tetapi juga dalam konstruksi pengetahuan berkelanjutan atau *efistemology*, seperti telah dipahami tahapan-tahap mikro telah terbukti sebagai dasar untuk sebuah kesuksesan belajar dengan keberlanjutan yang tinggi (Peschl, 2006). Struktur data untuk *micro learning* bahkan dapat dirancang lebih sistematis dalam bentuk *micro-curriculum* dengan mengubah sumber-sumber ke dalam sumber-sumber yang terfragmentasi, sumber-sumber statis menjadi dinamik, konten berdurasi panjang dan membosankan menjadi *micro-curriculum* belajar yang fleksibel (Young, 2018).

Teknologi internet sudah sangat maju. Penyediaan tautan pada teks ke sumber informasi seperti video yang disimpan secara *online* mudah dilakukan dan dapat diakses dengan cepat. Demikian juga dalam pembuatan video, program pengeditan video sudah banyak tersedia dan cukup mudah dilakukan. *Micro learning* dengan dukungan segmen-segmen pokok video eksperimen sangat diperlukan dalam pembelajaran sains untuk segala situasi dan dapat diputar ulang.

Video eksperimen (pembuktian hipotesis) sangat penting terutama dalam belajar hanya melalui daring. Visualisasi proses pengumpulan dan catatan data untuk pembuktian hipotesis adalah dasar kepercayaan (validitas) data untuk membuktikan kebenaran hipotesis. Ketidakhadiran data (informasi faktual) visual pengumpulan dan catatan data pembuktian hipotesis, tentu menjadi masalah besar terhadap retensi dan metakognitif pengetahuan (konsepsi) ilmiah yang terpaksa harus dihafal. Video eksperimen semestinya memenuhi kualitas media pembelajaran dan selaras dengan *micro learning* yang didukung.

Tayangan visualisasi eksperimen (pembuktian hipotesis) merupakan bagian dari tahapan fase ilmiah (visualisasi pengumpulan dan catatan data pembuktian hipotesis) dan sekaligus sebagai media pembelajaran seperti membantu memfokuskan perhatian. Beberapa kelebihan dari sejumlah keunggulan video diungkapkan oleh Sanaky (2011) yakni dapat sebagai pemacu atau memotivasi belajar dan menambah daya tahan ingatan atau retensi tentang objek belajar yang dipelajari. Di samping itu, beberapa kelebihan video eksperimen perlu dipertimbangkan antara lain (1) dapat menyajikan rekaman visual suatu kegiatan eksperimen dengan tingkat bahaya tinggi yang kurang aman jika dilakukan oleh subjek belajar, (2) dapat menambahkan informasi penting untuk lebih memfokuskan perhatian, (3) kebisingan atau ketidakjelasan suara asli saat pengambilan data dapat diperjelas (diedit), (4) dapat mengeliminasi bagian-bagian peristiwa yang kurang penting sehingga durasi tayang segmen video kurang dari lima menit dalam mengoptimalkan perhatian dan ketersediaan waktu pembelajaran yang terbatas, (5) dapat menayangkan ulang peristiwa yang sudah terjadi tanpa harus mengulang eksperimen yang sama ketika pencatatan data eksperimen diragukan atau untuk keperluan lain seperti pembelajaran remedial secara fleksibel sesuai kebutuhan kapan saja, dan (6) sangat dibutuhkan ketika tidak cukup waktu pembelajaran melalui eksperimen langsung.

R & D ini telah berhasil mewujudkan pasangan prototipe *micro learning* induktif dan deduktif berbantuan video eksperimen dengan validitas yang memadai. Prototipe memadukan karakteristik *micro learning* dan video secara sinergis mengakomodasi prinsip-prinsip penting pembelajaran dengan pendekatan ilmiah yang fleksibel secara induktif dan deduktif, serta sesuai dengan karakteristik konsepsi-konsepsi ilmiah sains sasaran yang melibatkan keterkaitan kajian level makroskopis, sub-mikroskopis, dan simbolis. Ahli isi memberikan

penilaian sangat baik terhadap 20 dari 21 aspek penilaian dan satu aspek lagi diberi dinilai baik. Guru/praktisi yang berpengalaman dan aktif dalam organisasi menyatakan mayoritas dari 21 aspek penting dalam prototipe *micro learning* tergolong sangat baik dan aspek yang lain tergolong baik. Setelah beberapa kali mengikuti presentasi dan diskusi melalui *google meet* tentang prototipe dengan dua contoh *micro learning* induktif dan dua contoh *micro learning* deduktif, sejumlah 14 orang mahasiswa tahun I hingga tahun senior peserta *focus group discussion* (FGD) memberikan apresiasi terhadap kegunaan dan kebutuhan dari *micro learning* yang dihasilkan yakni 31.8% peserta menyatakan sangat setuju, 60,3% setuju, dan hanya 7.9% mengatakan tidak setuju.

1.2 Rancangan Prototipe Micro Learning Berbantuan Video Eksperimen

Pengembangan prototipe *micro learning* diawali dengan analisis kurikulum yang mengerucut pada silabus Kimia Dasar, kemudian identifikasi pengetahuan konseptual (terutama pengetahuan sebab-akibat) sebagai target pengetahuan ilmiah yang dikonstruksi dan disertai analisis konsepsi ilmiah dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab-akibat. Analisis pengetahuan konseptual sebab-akibat mengarahkan pada identifikasi pengetahuan faktual, prosedur ilmiah, konsepsi prasyarat utama, dan metakognitif yang relevan dengan target pengetahuan konseptual yang bersangkutan. Hal ini sejalan dengan mandat identifikasi jenis-jenis pengetahuan dalam Kurikulum 2013. Selanjutnya penyusunan langkah-langkah umum dalam belajar dengan pendekatan ilmiah yang sejalan dengan pandangan belajar subjek belajar aktif, konstruktivisme, *inquiry learning*, dan *transformative learning* menuju *self-directed learning*. Tahap berikutnya melakukan penyesuaian terhadap rancangan RPP, lembar isian kegiatan (*worksheet*), teks materi pelajaran, dan penilaian untuk satu *micro learning* ilmiah dengan bantuan video eksperimen. Dari hasil kajian tersebut kemudian dibuat struktur prototipe unit *micro learning* dengan bantuan video eksperimen.

1.2.1 Capaian pembelajaran pengetahuan (CPP) dan tujuan pembelajaran

Rancangan *micro learning* hendaknya mengacu pada suatu kurikulum. *Micro learning* semestinya menjadi bagian integral dari pembelajaran sebuah sub-topik dan/atau topik yang mengakomodasinya. Capaian pembelajaran (CP) dan tujuan disesuaikan dengan silabus yang mengakomodasi konten mikro yang bersangkutan. Sebagai contoh, *micro learning* ini dikembangkan untuk pembelajaran Kimia Dasar dengan penalaran induktif dan deduktif. Capaian pembelajaran mengacu pada kerangka kualifikasi nasional Indonesia (KKNI). Untuk efisiensi penyajian, hanya rumusan capaian pembelajaran pengetahuan (CPP) yang harus dioperasionalkan sesuai topik kajian disajikan di sini. Sementara rumusan capaian pembelajaran sikap (CPS) dan rumusan capaian pembelajaran keterampilan umum (CPKU) mengikuti rumusan yang ada dalam KKNI. Kuliah Kimia Dasar belum mengakomodasi capaian pembelajaran khusus (CPKK). Tujuan pembelajaran dirumuskan mengacu pada semua CP rujukan. Sebagai contoh dari hasil analisis silabus, posisi setiap konten konsep dalam sub-topik atau topik, CPP, tujuan, dan rumusan konsepsi ilmiah (hipotesis) secara induktif dan deduktif dari tiga contoh *micro learning* untuk realisasi prototipe yang dihasilkan dalam R&D ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Tiga contoh konten mikro, subtopik/topik, dan beberapa aspek pembelajarannya

No.	Koten mikro	Subtopik/topik	CPP	Tujuan pembelajaran	Konsepsi ilmiah sasaran (hipotesis)
1	Skala pH	Asam-basa/ Larutan	Memahami konsep teoretis dasar dan aplikasi tentang struktur materi, perubahan materi (dinamika) atau reaksi kimia/ peristiwa, dan energi dilibatkan dalam topik asam-basa	Mampu mengkonstruksi skala keasaman melalui pengukuran pH dan/ atau indikator kertas asam-basa universal dari serangkaian konsentrasi larutan asam kuat, aquades, dan basa kuat	Induktif: “pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm, pH hasil pengukuran dengan pH meter dan/atau kertas indikator universal sama dengan $-\log [\text{HCl}] = -\log [\text{H}^+]$ untuk HCl (asam kuat monovalen) dan sama dengan $14 - (-\log [\text{NaOH}] = -\log [\text{OH}^-])$ untuk NaOH (basa kuat monovalen) serta pH 7 untuk aquades, karena HCl terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H^+] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion $\text{OH}^-]$ yang sama dengan [NaOH] serta ion H^+ dan ion OH^- dari hasil ionisasi diri aquades memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$)”. Deduktif: “pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm, larutan HCl yang terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H^+] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion $\text{OH}^-]$ sama dengan [NaOH] serta ion H^+ dan ion OH^- dari hasil ionisasi diri aquades memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$)” memberikan pH sebesar $-\log [\text{H}^+] = -\log [\text{HCl}]$ untuk larutan HCl dan $14 - (-\log [\text{NaOH}]) = 14 - (-\log [\text{NaOH}])$ untuk larutan NaOH serta pH 7 untuk untuk aquades.
2	Faktor mempengaruhi laju reaksi	Faktor mempengaruhi laju reaksi/ topik laju reaksi	Memahami konsep teoretis dasar dan aplikasi tentang struktur materi, perubahan materi (dinamika) atau reaksi kimia/ peristiwa, dan energi dilibatkan dalam topik laju reaksi	Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi melalui eksperimen	Induktif: “laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)”. Deduktif: “semakin besar konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan (semakin banyak tumbukan efektif partikel reaktan per satuan volum) serta dengan kehadiran katalis (membentuk kompleks teraktivasi intermediat dengan E_a menurun) menyebabkan laju reaksi semakin cepat”

3	Penurun- an teka- nan uap larutan	Sifat koligatif larutan/ Larutan	Memahami konsep teoretis dasar dan aplikasi tentang struktur materi, perubahan materi (dina- mika) atau reaksi kimia/ peristiwa, dan energi dilibatkan dalam topik larutan	Mengan- alisis penurunan tekanan uap larutan terukur dengan pe- ningkatan konsentrasi larutan non- elektrolit dan elektrolit melalui eksperimen	Induktif: “penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) partikel-partikel zat terlarut (nonelektrolit atau elektrolit) yang memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut yg berkesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya”. Deduktif: “pada suhu tertentu, peningkatan konsentrasi (fraksi mol) partikel-partikel zat terlarut (nonelektrolit atau elektrolit) memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut yg berkesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya menyebabkan semakin besar penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan”.
---	--	---	---	--	--

1.2.2 Isi dan organisasi *micro learning*

Tuntutan sebuah konten mikro yang utuh dan penyajian *micro learning* mengikuti didaktik sains yang memadai, R&D ini menetapkan sebuah rumusan hipotesis akibat-sebab atau sebab-akibat sebagai cakupan batas konten mikro. Rumusan sebuah hipotesis dapat berupa monovariat atau multivariat (terdiri dari dua atau lebih variabel bebas atau variabel terikat). *Micro learning* diorganisasikan mengikuti lembar kerja (*worksheet*) kerja ilmiah 5M yang meliputi kegiatan fase (i) mengamati informasi awal dalam fenomena latar belakang dan terkait di sekitar, (ii) menanya dalam bentuk pertanyaan klarifikasi informasi faktual awal dan pertanyaan investigatif (kiranya bisa dijawab melalui eksperimen), (iii) mengumpulkan data yang diawali dengan perumusan hipotesis, kemudian indentifikasi variabel-variabel dan variasi nilainya, cara kerja dan pencatatan data hasil eksperimen, (iv) mengasosiasi (mengolah dan menganalisis data hasil eksperimen, serta membuat kesimpulan), dan (v) merancang dan menyajikan temuan dengan rangkuman kegiatan ilmiahnya hingga mencapai simpulan temuan.

Untuk efisiensi sajian, segmen video eksperimen yang disisipkan adalah (a) segmen utama berupa video pengambilan dan catatan data pembuktian hipotesis yang disediakan melalui tautan pada tahapan fase pengumpulan data setelah kegiatan penyamaan persepsi rancangan pembuktian hipotesis, (b) segmen video pendukung dalam fase fenomena latar berupa beberapa rekaman gejala sejumlah contoh yang menyajikan informasi awal terkait menuju rumusan masalah investigasi/hipotesis dalam *micro learning* induktif atau berupa animasi terutama peristiwa molekuler (sub-mikroskopis) dari konsep awal umum yang digunakan dasar deduksi/verifikasi, dan (c) segmen video dalam fase mengasosiasi berupa animasi peristiwa molekuler dari gejala variabel bebas dan gejala variabel terikat untuk induktif maupun deduktif.

Selain perbedaan jenis segmen video dalam fenomena latar (informasi awal), prototipe *micro learning* induktif dan deduktif yang dihasilkan dalam R&D ini mengikuti alur informasi (pola argumen/berpikir) yang berlawanan. *Micro learning* induktif menyajikan: informasi berupa sejumlah contoh informasi (gejala/peristiwa) faktual awal (terutama gejala makroskopis) bagian-bagian dari keseluruhan cakupan informasi yang membangun pengetahuan konseptual akibat-sebab yang disasar, hipotesis berupa sebuah kalimat pasif (akibat-sebab), argumen yang mendukung hasil pengolahan data (M4) menyajikan interpretasi fakta (hasil pengolahan data eksperimen) yang diikuti dengan dukungan kajian teori yang memberikan dasar rasional

terhadap interpretasi fakta tersebut, dan diakhiri dengan kesimpulan berupa pernyataan generalisasi pengetahuan konseptual akibat-sebab yang dibangun dari hasil pembuktian hipotesis. Sementara *micro learning* deduktif menyajikan: informasi awal dalam fenomena latar berupa konsep umum awal yang dijadikan dasar untuk mendeduksi (verifikasi) dengan animasi molekuler (kajian sub-mikroskopis) untuk lebih kuat menyajikan kebenaran konsepsi umum awal tersebut, rumusan hipotesis berupa sebuah kalimat aktif (sebab-akibat), argumen yang menjelaskan hasil pengolahan data (M4) menyajikan kajian teori yang diikuti dengan pembenaran teori dalam bentuk pernyataan interpretasi faktual dari data hasil eksperimen yang didapat sebagai konsekuensi dari kebenaran konsep umum awal yang digunakan mendeduksi.

Micro learning dengan bantuan video eksperimen didukung terutama dengan (a) lembar kerja (*worksheet*) untuk subjek belajar yang diawali dengan fenomena (latar belakang objek belajar melalui penemuan), (b) teks materi pendukung dengan organisasi sajian sesuai lembar kerja yang disajikan langsung setelah sajian lembar kerja atau disajikan sebagai tautan dalam presentasi *power point* (PPT guru, seperti pada contoh pasangan *micro learning* kedua, 3.1). Penempatan teks informasi setelah lembar kerja dimaksudkan sebagai teks penyamaan persepsi proses dan hasil yang sekaligus sebagai teks informasi remedial kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah, dan (c) sistem penilaian meliputi tugas (kelompok maupun individu) dan tes formatif). Contoh pasangan *micro learning* ketiga belum dilengkapi dengan tes formatif diharapkan pada pembaca atau pengguna turut aktif dalam memberi masukan dalam penyempurnaan prototipe ini.

Ukuran keberhasilan kinerja isian lembar kerja untuk setiap konsepsi ilmiah sebagai pengungkapan variabel bebas atau perlakuan (VB), variabel terikat atau efek perlakuan (VT), dan variabel kontrol (VK) serta hubungan sebab (VB) dan akibat (VT) dalam situasi keterbatasan (VT) cukup efektif mempertimbangkan tiga kriteria utama sebagai berikut. (i) Rumusan aspek utama isian (kinerja) setiap fase sebagai kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah adalah benar dan relevan dengan rumusan hipotesis sesuai konsepsi ilmiah sasaran. (ii) Rumusan aspek-aspek utama suatu fase ilmiah bersesuaian (relevan) dengan rumusan aspek terkait dalam fase ilmiah sebelum dan berikutnya. Sebagai contoh, rumusan suatu pertanyaan atau rumusan masalah investigasi (M2) relevan dengan daftar informasi awal dari hasil pengamatan awal terhadap fenomena latar yang diperkuat dengan hasil observasi di sekitar (M1) dan juga bersesuaian dengan rumusan hipotesis sasaran yang terkait dalam fase awal pengumpulan data (M3). (iii) Data atau klaim data untuk pembuktian setiap hipotesis adalah benar dengan kecukupan data memadai. Rubrik penilaian setiap aspek kinerja untuk setiap hipotesis dengan gradasi penilaian mengacu ketiga kriteria yaitu kebenaran, ketepatan/relevansi, dan kecukupan data (cakupan klaim informasi/data dan/atau kegiatan memadai). Kategori kinerja untuk suatu aspek tergolong sangat baik (SB) jika kinerja minimal dengan dua kriteria (benar, relevansi, atau kecukupan klaim data) tergolong baik, baik (B) jika kebenaran atau relevansi tergolong baik dan dua kriteria lain belum/kurang memadai, cukup (C) jika minimal satu kriteria tergolong cukup memadai, kurang (K) jika ketiga kriteria tergolong kurang/belum memadai, dan sangat kurang (SK) jika ketiga kriteria tergolong tidak memadai (termasuk tidak ada kinerja). Kategori penilaian secara keseluruhan dapat menggunakan teknik pengolahan skor sesuai dengan tujuan penilai.

BAB II**FONDASI MICRO LEARNING INDUKTIF DAN DEDUKTIF SAINS
BERBANTUAN VIDEO EKSPERIMEN****2.1 Sains**

Sains meliputi pengetahuan, proses (keterampilan dan sikap), dan situasi/konteks tentang alam (OECD, 2014; OECD, 2016). Hal ini ditekankan dalam paradigma Pendidikan “*Science for All (SFA)*” (Rutherford & Ahlgreen, 1989; AAAS, 1993) untuk membangun masyarakat dunia dengan kehidupan yang lebih baik. Kriteria pemilihan isi SFA (Rutherford & Ahlgren, 1990) yaitu bahwa isi (1) berupa pengetahuan atau keterampilan secara signifikan meningkatkan prospek kemampuan kerja jangka panjang dari lulusan yang akan berguna dalam pembuatan keputusan personal, (2) membantu warga negara berpartisipasi secara cerdas dalam membuat keputusan sosial dan politik pada masalah-masalah yang melibatkan sains dan teknologi, (3) menyajikan aspek-aspek sains, matematika, dan teknologi yang telah terbukti begitu penting dalam sejarah manusia atau berkontribusi dalam budaya yang mana sebuah pendidikan umum tidak akan lengkap tanpanya, (4) berkontribusi pada kemampuan orang untuk peduli pada pertanyaan-pertanyaan arti kemanusiaan yang selalu muncul seperti kehidupan dan kematian, tanggapan dan realitas, kepentingan pribadi lawan kepentingan umum, kepastian dan keraguan, dan (5) mengayakan kehidupan masa anak-anak (*childhood*) sebagai sebuah waktu kehidupan yang penting dalam hal hak yang dimiliki anak itu sendiri dan tidak semata untuk kemampuan masa depan.

Premis dasar SFA adalah sekolah tidak perlu diminta mengajarkan isi yang banyak, tetapi lebih berfokus pada apa yang esensial untuk melek sains dan mengajarkannya secara lebih efektif (Rutherford & Ahlgren, 1990; AAAS, 1993). Rekomendasi SFA untuk inti belajar dibatasi pada ide-ide dan keterampilan-keterampilan yang memiliki signifikansi ilmiah dan pendidikan yang terbesar untuk melek sains. Baik *benchmarks* dan standar isi sains mengasumsikan pencakupan semua siswa dalam tantangan kesempatan belajar sains dan mendefinisikan tingkat-tingkat pemahaman dan kemampuan yang semestinya dikembangkan. Siswa diberi kesempatan yang sama dalam belajar sains, tetapi akan mencapai pemahaman dalam cara dan kedalaman berbeda-beda ketika mereka menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang dunia alami (NAS, 1996).

Kriteria penilaian ilmiah PISA terdiri dari 6 tingkatan dan dalam penilaian 2015 menambahkan butir 1b pada level 1 dengan tuntutan kinerja (*performances*) di bawah level 1 kriteria PISA 2012 (OECD, 2016). Inti tuntutan pada kemampuan siswa untuk masing-masing tingkatan yakni (1) menggunakan pengetahuan ilmiah dasar atau sehari-hari untuk mengakui (*recognize*) aspek-aspek fenomena sederhana atau dikenal yang berupa pola sederhana data, istilah ilmiah, dan instruksi eksplisit (*level 1b*) dan menggunakan isi dan pengetahuan prosedural dasar untuk mengakui atau mengidentifikasi penjelasan fenomena ilmiah sederhana dalam bentuk *structured scientific enquiries* dengan maksimum dua variabel (*level 1a*); (2) *draw* pengetahuan isi dan prosedural untuk mengidentifikasi penjelasan, data, pertanyaan investigasi ilmiah dalam rancangan eksperimen sederhana (*level 2*); *draw* pengetahuan sedikit lebih kompleks atau mengkonstruksi penjelasan fenomena yang dikenal (*level 3*); menggunakan pengetahuan isi lebih abstrak/kompleks untuk mengkonstruksi

penjelasan dari kejadian dan proses yang kurang dipahami atau lebih kompleks melalui eksperimen dengan dua/lebih variabel bebas (*level 4*); menggunakan konsep-konsep atau *abstract scientific ideas* untuk menjelaskan fenomena lebih kompleks dan tidak dikenal, kejadian dan proses yang melibatkan hubungan sebab akibat (*level 5*); dan *draw* sebuah rentangan konsep-konsep (*scientific ideas*) yang terkait dari sains fisik, bumi, dan ruang angkasa, dan menggunakan pengetahuan isi, prosedural, dan eistemik dalam menawarkan hipotesis penjelasan dari fenomena, kejadian, dan proses ilmiah baru atau untuk membuat prediksi (*level 6*). Pengenalan *structured scientific enquiries* dengan dua variabel pada level terendah (1a) mengindikasikan bahwa pengenalan variabel perlakuan (bebas) dan variabel akibat (terikat) sebagai inti konstruksi pengetahuan kausal-efek tidak bisa ditawarkan lagi.

2.2 Belajar Sains dengan Pendekatan Ilmiah

Paradigma pendidikan *Science for All* atau SFA terutama menekankan sains sebagai proses inkuiri (Rutherford & Ahgreen, 1989; AAAS, 1993) dengan prinsip-prinsip pokok inkuiri (*scientific inquiry*) dapat diimplementasikan atau diadaptasikan pada setiap topik dalam pendidikan sains dan disesuaikan dengan tingkat perkembangan siswa. Pembelajaran inkuiri merupakan pembelajaran melalui penemuan/investigasi (Shen, 2007). Pilihan belajar dengan pendekatan ilmiah (KTSP 2013) sesuai dengan tuntutan pendidikan SFA yang menekankan pada penekanan inkuiri sains (proses) dan konsep-konsep dasar esensial (produk). Terdapat beberapa variasi model pembelajaran inkuiri (seperti *structured*, *guided*, dan *open inquiry*) yang secara fleksibel menyesuaikan pada situasi belajar, tetapi memiliki langkah umum yaitu observasi, manipulasi, generalisasi, verifikasi dan aplikasi (Fay, Grove, Towns, & Bretz, 2007; Martin-Hansen, 2002; Sudria, 2018).

Kegiatan inkuiri/ilmiah dalam sains melibatkan identifikasi masalah investigatif yang secara optimistik akan dapat dijawab melalui investigasi ilmiah; mendesain dan melaksanakan investigasi; menggunakan alat dan teknik yang cocok dalam mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data; mengembangkan deskripsi, penjelasan, dan model menggunakan fakta; dan berpikir secara kritis dan kreatif untuk membuat hubungan antara fakta dan penjelasan (NAS, 1996; OECD, 2016). Kegiatan ilmiah sejalan dengan siklus belajar Kolb (SBK) yang mengikuti teori belajar eksperiensial.

Kolb (1984) mengungkapkan tahapan-tahapan orang memperoleh pengetahuan dalam bentuk siklus belajar Kolb (SBK) atau “Kolb’s *learning cycle*” yang digambarkan dalam diagram Cartesian. Kolb mengombinasikan secara diagramatik kontinum mendapatkan pengalaman yang diletakkan pada sumbu Y (merentang dari *concrete experiences* atau CE/*feeling* di atas sampai *abstract conceptualization* atau AC/*thinking* di bawah) dan kontinum mentransformasi pengalaman pada sumbu X (merentang dari *reflective observation* atau RO/*watching* di kanan sampai *active experimentation* atau AE/*doing* di kiri). Tahapan fase kegiatan belajar dalam SBK sesuai dengan teori eksperiensial mulai dari fase CE kemudian secara berurutan dilanjutkan dengan fase RO, AC, dan AE. Fase I (CE) dan fase II (RO) relevan dengan penalaran ilmiah induktif, sementara fase III (AC) dan fase IV (AE) relevan dengan penalaran ilmiah deduktif. Meskipun penalaran dasar induktif dan deduktif kontras, dalam konteks belajar dengan siklus eksperiensial Kolb dapat dikolaborasikan masing-masing penalaran induktif dan deduktif secara cermat dapat diterapkan secara konsisten. Jika

rancangan atau implementasinya tidak cermat akan dapat menimbulkan efek saling melemahkan (Sudria, 2016).

2.3 Penalaran Dasar Induktif dan Deduktif

Induktif atau deduktif merupakan salah satu jenis aktivitas utama untuk mengakses pendekatan umum belajar dalam dimensi organisasi belajar atau mengajar (Felder & Silverman, 1988; Ehrman & Leaver, 2003). Belajar secara induktif merupakan pengembangan penalaran mulai dari *particulars* (data observasi/pengukuran) menuju generalisasi (aturan-aturan, hukum, teori). Kebalikannya, belajar secara deduktif merupakan pengembangan penalaran mulai dari generalitas (konsep, hukum, teori) kemudian mengurai menuju *particulars* seperti konsep turunan/derivatif atau contoh-contoh dan penerapan (Anoname, 2003). Tomond (2004) dengan merujuk publikasi BIJWC, Miles and Huberman, Patton, Silverman and Robson, menegaskan penalaran deduktif sebagai perspektif positivistik dan penalaran induktif sebagai perspektif fenomenologis. Perbedaan kedua pendekatan secara mendasar yakni penalaran induktif merujuk pada penarikan sebuah kesimpulan yang mungkin (*likely*) benar (tentatif mengakomodasi perkembangan data), sementara penalaran deduktif yang valid merujuk pada penarikan sebuah kesimpulan yang semestinya benar jika premisnya benar atau *inescapable logic* (data harus mendukung teori) (Bassham, Irwin, Nardone, & Wallace, 2008).

Kedua penalaran dasar induktif dan deduktif memiliki alur berpikir yang berlawanan. Pembinaan keterampilan berpikir induktif atau deduktif secara efektif semestinya mengikuti alur kegiatan secara taat asas dari masing-masing penalaran induktif/ deduktif. Pembauran kedua pendekatan ini pada fase awal pembentukan keterampilan berpikir induktif atau deduktif cenderung destruktif, saling melemahkan, yang mengarahkan pada penguasaan pengetahuan secara hafalan. Meskipun secara keseluruhan penerapan kedua pola penalaran induktif dan deduktif diperlukan dalam siklus belajar eksperiensial Kolb.

Alur kegiatan pada setengah dari keseluruhan siklus belajar eksperiensial (fase *concreate experience* dan fase *reflective observation*) cenderung induktif, menghantar pada temuan/generalisasi tentatif. Sementara setengah siklus berikutnya (fase *abstract conceptualization* dan fase *active experietation*) cenderung deduktif untuk memvalidasi generalisasi tersebut. Masing-masing periode setengah siklus eksperiensial penemuan generalisasi (penalaran induktif) dan periode setengah siklus eksperiensial verifikasi generalisasi (penalaran deduktif) tersebut semestinya konsisten terhadap alur penalaran masing-masing induktif/deduktif agar memberikan efek sinergis, saling menguatkan dalam perkembangan belajar penemuan. Namun keterbatasan alokasi waktu dan keketatan penjadwalan pembelajaran tatap muka 2-4 jam tatap muka per minggu sesuai dengan kurikulum di kebanyakan negara sedang berkembang memerlukan unit-unit kecil belajar dengan satu siklus belajar dengan pendekatan ilmiah 5M sehingga lebih praktis dipantau dan dapat secara intensif dan lebih terkontrol dalam memposterkan (menggambarkan) perkembangan pembentukan aspek-aspek keterampilan ilmiah yang dilatih melalui unit-unit pembelajaran tersebut.

Belajar pada anak dan remaja umumnya membiasakan penggunaan pendekatan induktif (seperti penggunaan siklus belajar *empirical abducted*) sebelum belajar secara deduktif seperti

melalui siklus belajar *hypothetical deductive*. Sesuai dengan fase perkembangan kognitif, belajar melalui contoh-contoh nyata (fase operasional konkrit) yang umumnya secara induktif terjadi lebih awal dari belajar dengan menerapkan konsep atau abstraksi (deduktif). Belajar secara deduktif mulai efektif dilakukan setelah memasuki fase operasi formal. Buku-buku pelajaran sains sekolah, termasuk lembar kerja siswa atau LKS di Indonesia yang terbit dalam dua dekade terakhir umumnya menggunakan pendekatan yang kurang jelas yakni cenderung deduktif yang tidak taat asas seperti penyimpulan tanpa eksplorasi dan penggunaan konsep awal terkait, dengan dukungan informasi/data yang kurang memadai dan/atau urutan penyajian informasi yang tidak konsisten menggunakan pendekatan berpikir deduktif/induktif (Sudria, Kartowasono, Nurlita, & Sya'ban, 2013). Logika/rasionalitas berpikir yang tidak sesuai dengan pendekatan yang digunakan mendorong kebiasaan belajar dengan menghafal.

Manfaat lain dari kualitas penguasaan masing-masing penalaran induktif/deduktif, Chalipa (2013) menyatakan bahwa keefektifan pendekatan induktif dan deduktif menyorot pada pemaksimalan kesempatan siswa untuk melatih keterampilan berpikir yang telah dikuasai dan menyadari dengan pendekatan mana siswa belajar secara lebih efektif dalam efek jangka pendek maupun jangka panjang. Pembinaan keterampilan bernalar secara induktif atau deduktif pada subjek belajar pemula (siswa sekolah menengah) dengan pendekatan ilmiah memerlukan pembiasaan pembelajaran sesuai dengan kaidah pendekatan berpikir induktif atau deduktif. Hal ini memerlukan dukungan perangkat-perangkat pembelajaran seperti rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP), lembar kegiatan siswa (LKS), teks materi pelajaran untuk siswa, dan asesmen pembelajaran dengan alur penalaran yang sama dan konsisten, serta sinergis. Program demikian belum banyak tersedia di sekolah menengah maupun di LPTK (Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan). Solusi terhadap permasalahan ini akan sangat penting bagi sekolah maupun LPTK.

LPTK semestinya menjamin calon guru memiliki keterampilan berpikir induktif dan deduktif yang memadai serta mampu merancang strategi penerapannya secara sinergis dalam rancangan program pembelajaran secara lebih luas dan komprehensif sebagai keterampilan dasar untuk mengembangkan keterampilan sains (kritis dan kreatif). Namun harapan demikian tidak mudah diwujudkan. Sejumlah fenomena secara rutin ditemukan oleh penulis sebagai dosen pada Jurusan Pendidikan Kimia. Kebiasaan belajar menghafal lulusan SMA terbawa sampai ke perguruan tinggi dalam bentuk *mindset* yang sulit diubah. Mayoritas materi pelajaran dalam praktik pengajaran mikro pada semester VI dihajar dengan hafalan. Kebutuhan pengembangan perangkat pembelajaran dengan pola penemuan secara induktif atau deduktif yang konsisten dalam rangka membina ketrampilan berpikir induktif dan deduktif ilmiah sebagai dasar keterampilan sains diakui oleh guru-guru di lapangan (Sudria, Kartowasono, Nurlita, & Sya'ban, 2013).

2.4 Spirit Investigasi dalam Belajar Sains

Belajar sains dengan pendekatan ilmiah akan berkelanjutan, jika siswa dan guru memiliki spirit berinvestigasi yang memadai yakni siswa sendiri dan guru tertarik dan mau melakukan pengamatan fenomena awal yang membawanya menemukan sendiri rumusan masalah investigatif, hipotesis, dan rancangan percobaan untuk membuktikan hipotesisnya. Ketika siswa mampu mengajukan pertanyaan-pertanyaan dan menginvestigasi jawabannya

sendiri atau dengan bimbingan guru, mereka akan merasa terlibat aktif dalam pembelajaran mereka sendiri. NQS (2011) menyatakan “*inquiry-based approaches to learning harness this spirit of investigation, creating an interesting, engaging and meaningful curriculum that uses children’s interests and questions as a starting point for effective learning*”. Dengan spirit investigasi, siswa dengan kesadaran sendiri berinvestigasi (belajar dengan pendekatan ilmiah) dalam belajar sains yakni menemukan informasi yang relevan dengan rumusan masalah dan hipotesis, merumuskan masalah investigatif, merumuskan hipotesis, dan merancang percobaan untuk membuktikan hipotesis, serta menindaklanjuti dengan kegiatan pengumpulan, analisis data, penyimpulan temuan, dan komunikasi hasil temuan.

Peranan spirit investigasi dalam belajar secara inflisit tersirat dalam istilah *conscious investigation* atau *investigative-oriented learning*. *Conscious investigation* adalah sebuah proses yang mengaktifkan sebuah kesadaran tentang aspek-aspek yang dipelajari dan sekaligus penggunaannya (Tan, 2001). Makna spirit juga tersirat dalam pendapat Canadian Council on Learning (2006) menyatakan “*there is a journey that each person travels to arrive comfortably at their own awareness of their gifts, capacities, and strengths, which is broadly the result of their learning spirit being invigorated, challenged, motivated, or nourished*”. Menumbuhkan spirit investigasi memerlukan komponen perangkat pembelajaran terkait (RPP, LKS, teks materi, dan asesmen) yang dilengkapi dengan video pengumpulan dan rekaman data hasil eksperimen (pembuktian hipotesis) untuk memastikan kegiatan investigasi data terlaksana secara optimal.

2.5 Video Eksperimen untuk *Micro Learning* Induktif dan Deduktif

Micro learning yang berkembang sangat pesat sejak mulai dimunculkan dalam *conferences* 2005 di Austria sebagai dampak perkembangan komputer, internet, dan telepon selular yang telah mengubah lingkungan hidup, bekerja, dan belajar seperti *e-learning* (Bruck, 2006). *Micro learning* merupakan *platform* melihat dan mendiskusikan dampak dan pengembangan semua teknologi dan praktik di mana **konten mikro** digunakan, diproduksi, dan diedarkan. Konten mikro merupakan bit-bit teks dalam bentuk baru yang digabungkan secara longgar (Bruck, 2006), pemahaman paradigmatik pada *micro levels of learning process* dalam lingkungan yang dimediasi (Hug, 2006), sesuai kebutuhan *micro media* ke depan dalam bentuk *self-contained and meme-size chunks of data* yang secara individual dapat dialamatkan dan diproses baik oleh komputer maupun oleh manusia (Linder, 2006). Leene (2006) menguraikan karakteristik konten mikro dengan fokus suatu, ide, topik yang tunggal; struktur dengan isi lengkap; *self-contained*; tidak terpisahkan dalam memberikan pemaknaan; dan dapat diberi alamat secara efektif (dengan nama database khas) yang sejalan dengan definisi formal “*Micro contents are self-contained indivisible structured pieces of contents, which have a single focus and a unique address for (re-)findability*”. Leene (2006) juga memberikan contoh-contoh mikro konten dapat berupa sebuah resep, sebuah video mikro konten, sebuah peristiwa, sebuah rekaman suara mikro konten, gambar/foto, sebuah review, atau sebuah bookmark. Koleksi mikro konten dapat dikelompokkan seperti sesuai jenis atau bidang. Untuk kebutuhan tertentu, mikro konten dapat diintegrasikan mengikuti jenis, bidang, atau hal lain (Leene, 2006). Segmen video pembuktian hipotesis/eksperimen adalah konten mikro dan bahkan integrasi segmen-segmen video pembuktian sebuah hipotesis masih berupa sebuah konten yang tidak

dapat dipisahkan (konten mikro). Kluster konten dari beberapa hipotesis yang terkait untuk sebuah sub-topik masih cukup layak dianggap konten mikro (setidaknya meso konten) untuk sebuah *micro learning* atau *meso learning*.

Micro learning dihubungkan dengan *micro didactic* yang melibatkan *didactic triangle* (konten, guru, dan subjek belajar) dalam hubungannya dengan internet dan teknologi web secara umum yang memerlukan format teknis objek belajar dalam bentuk “*chunks*” of digital, konten instruksional yang multi dial (Friesen, 2006). Kebutuhan terhadap *micro learning* tidak saja cakupannya mikro yang lebih praktis dalam komunikasi melalui internet atau teknologi web, juga kemungkinan lebih lanjut tentang level meso sebagai bentuk interaksi dari *micro learning* (Friesen, 2006). *Micro learning* menawarkan kemungkinan ***ubiquitous learning*** (pembelajaran di mana dan kapan saja) yang mengaitkan hubungan antara *micro learning* dan *mobile learning* (Peschl, 2006). *Micro learning* tidak sebatas untuk ontologi pengetahuan, tetapi juga dalam konstruksi pengetahuan berkelanjutan atau efistemologi seperti telah dipahami tahapan-tahap mikro telah terbukti sebagai dasar untuk sebuah kesuksesan belajar dengan keberlanjutan yang tinggi (Peschl, 2006). Struktur data untuk *micro learning* bahkan dapat dirancang lebih sistematis dalam bentuk *micro curriculum* dengan mengubah sumber-sumber ke dalam sumber-sumber yang terfragmentasi, sumber-sumber statis menjadi dinamis, konten berdurasi panjang dan membosankan menjadi *micro curriculum* belajar yang fleksibel (Young, 2018).

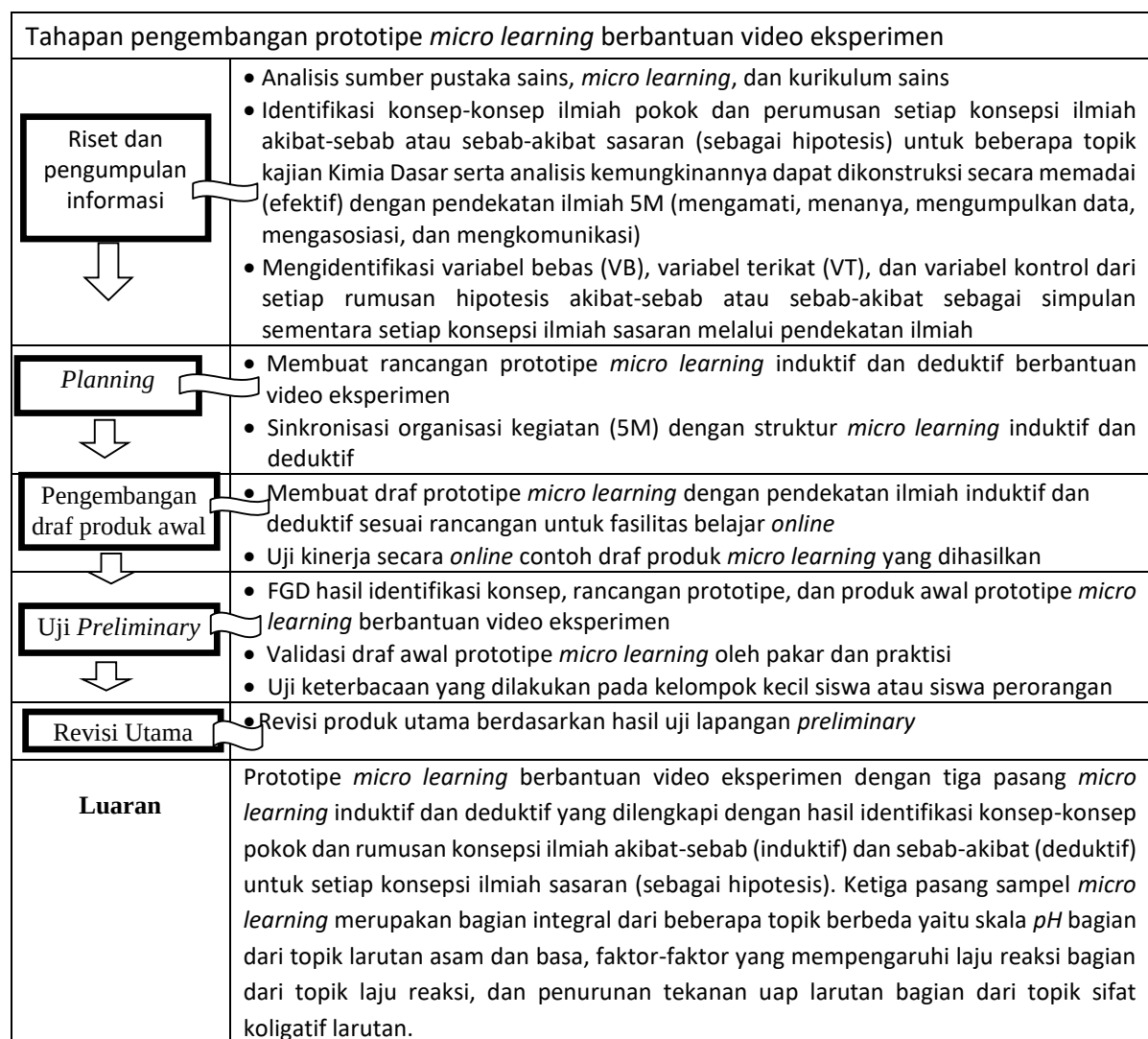
BAB III

PENGEMBANGAN PROTOTIPE *MICRO LEARNING* DENGAN PENDEKATAN ILMIAH

3.1 Pengembangan *Micro Learning*

Karya ini melibatkan dua fokus utama yakni belajar sains dalam skala kecil secara utuh (kognitif, proses dan produk, serta afektif) yang self-contained dan video eksperimen sebagai media *micro learning* dalam rangka *scientific literacy*. Pengembangan prototipe mengikuti kombinasi model pengembangan Borg and Gall dalam mengoptimalkan pertimbangan pemenuhan kebutuhan kajian program pembelajaran dan model Luther dalam mengoptimalkan pemenuhan kajian fasilitas media. Kebutuhan program *micro learning* untuk *mobile learning* sangat dirasakan dunia terutama dalam pembelajaran hanya melalui daring.

Tahapan pengembangan prototipe *micro learning* ilmiah untuk Kimia Dasar dengan mengikuti model R & D Bohr and Gall (1989) disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pengembangan *micro learning* induktif dan deduktif berbantuan video eksperimen

3.2 Model Pengembangan Video Eksperimen

Pengembangan video eksperimen dengan model Luter melibatkan tahapan *concept*, *designing*, *collecting material*, *assembly*, *testing and distributing* untuk prototipe video eksperimen pendukung *micro learning* ilmiah yang sekaligus dapat diberdayakan untuk mendukung penalaran induktif dan dengan deduktif dalam rangka efisiensi dan menguatkan temuan ilmiah sasaran yang sama dari dua alur informasi yang berlawanan untuk sasaran temuan yang sama (sumber belajar untuk merdeka belajar). Unit-unit sampel *micro learning* yang akan didukung oleh video eksperimen ini berkarakter belajar sains kimia sekolah menengah atau kuliah Kimia Dasar. Tahapan R&D video pembuktian hipotesis (eksperimen) fasilitas *micro learning* induktif dan deduktif disajikan dalam diagram alir Gambar 2.

Tahapan pengembangan video eksperimen fasilitas <i>micro learning</i> induktif dan deduktif	
<i>Concept</i>	- Kebutuhan penyediaan video pembuktian hipotesis (eksperimen) untuk <i>micro learning</i> ilmiah induktif dan deduktif dalam implementasi belajar dengan pendekatan ilmiah melalui daring - Video yang sama juga sangat dibutuhkan dalam pembelajaran melalui <i>blended learning</i> maupun luring setidaknya sebagai rekaman pengumpulan dan catatan data eksperimen yang dapat dilihat ulang ketika diperlukan oleh kebanyakan subjek belajar dalam meyakinkan data yang digunakan membuktikan hipotesis valid dan reliabel sehingga subjek belajar akan yakin/percaya bahwa hasil konstruksi konsepsi ilmiah yang disasar adalah benar.
<i>Designing</i>	<i>program mapping</i> belajar mengikuti pendekatan ilmiah (5M) induktif dan deduktif secara konsisten berupa video eksperimen yang menyesuaikan dengan objek, aktivitas, dan asesmen belajar dengan pendekatan ilmiah dalam rancangan unit-unit <i>micro learning</i> induktif dan deduktif. Objek belajar meliputi konsepsi-konsepsi ilmiah sains kimia sekolah menengah (Kimia Dasar) yang disasar. Rekaman aktivitas dalam video terutama meliputi pengumpulan dan pencatatan data hasil eksperimen yang sesuai LKPD <i>synopsis preparation</i> berupa rangkuman ringkas sesuai dengan program mapping terutama rangkuman rekaman kegiatan pengumpulan dan catatan data hasil eksperimen sesuai/relevan dengan objek belajar, rancangan pembuktian hipotesis terkait dan asesmen <i>storyboard making</i> meliputi aspek-aspek visual dan audio serta <i>glossary</i> yang akan digunakan dalam video
<i>Collecting material</i>	<i>learning content</i> meliputi pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif untuk memfasilitas variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap konsepsi ilmiah yang disasar <i>scientific skills</i> dalam video terutama meliputi keterampilan mengumpulkan dan mencatat data hasil eksperimen yang didasarkan pada keterampilan observasi informasi awal dari deskripsi fenomena latar objek belajar dan di sekitar dengan pendekatan ilmiah induktif maupun deduktif, perumusan rumusan masalah investigasi, perumusan hipotesis dan perancangan pembuktian hipotesis tersebut. - video pembuktian hipotesis (eksperimen) terutama berisi rekaman pengumpulan data dan catatan data hasil eksperimen serta animasi molekuler (sub mikroskopis) untuk kejelasan pengungkapan hubungan sebab dan akibat sesuai dengan rumusan hipotesis.
<i>Assembly</i>	mengorganisasikan video ke dalam lembar kerja subjek belajar dalam unit-unit <i>micro learning</i> ilmiah dengan penalaran induktif dan dengan penalaran deduktif.
<i>Testing (awal)</i>	- validasi ahli terhadap prototipe video pembuktian hipotesis/eksperimen yang di hasilkan - tanggapan praktisi/guru terhadap prototipe video eksperimen yang di hasilkan - uji keterbacaan dukungan video pembuktian hipotesis/eksperimen terutama pada bagian pengumpulan dan pencatatan data pembuktian hipotesis dan secara keseluruhan dari sebuah <i>micro learning</i> yang didukung pada sejumlah terbatas sampel pengguna/siswa.
<i>Distributing (skala kecil)</i>	Unit-unit <i>microlearning</i> ilmiah induktif dan deduktif dengan dokumen-dokumen pendukung terutama file lembar kerja dan file-file segmen video pembuktian hipotesis terkait disimpan dalam <i>google drive</i>, sehingga dapat diakses oleh <i>validator</i>, praktisi/guru, dan subjek belajar.

Gambar 2. Diagram alir pengembangan video eksperimen pendukung *micro learning*

BAB IV

PROTOTIPE *MICRO LEARNING* INDUKTIF DAN DEDUKTIF SAINS BERBANTUAN VIDEO EKSPERIMEN.

4.1 Identifikasi Konten Mikro

Pengembangan *micro learning* dalam karya ini memberikan batasan konten mikro berupa sebuah hipotesis akibat sebab (untuk induktif) dan sebab-akibat (deduktif) dalam upaya mengoptimalkan keutuhan aspek belajar yang diakomodasi dalam sebuah *micro learning* belajar sains. Keutuhan aspek belajar sains melalui acuan sebuah hipotesis akibat-sebab atau sebab-akibat diharapkan menghindari kemungkinan besar konten yang kurang lengkap dari sebuah *micro learning* dengan alokasi waktu belajar yang pendek. Konten pembuktian sebuah hipotesis yang kurang lengkap dapat mengarahkan kembali pada belajar sains melalui hafalan (*rote learning*). Identifikasi rumusan konsepsi ilmiah yang efektif sesuai dengan penalaran induktif dan deduktif dimaksudkan sebagai kendali proses oleh guru dan bantuan memperkecil kemungkinan pembengkakan waktu (kemoloran waktu) pencapaian sasaran *micro learning* terutama bagi subjek belajar dengan keterampilan ilmiah yang belum memadai.

Identifikasi konsep-konsep untuk dikonstruksi melalui siklus ilmiah 5M dibatasi pada konsep-konsep pokok yang diakomodasi oleh suatu pokok bahasan, karena alokasi waktu belajar pemenuhan sasaran belajar secara formal dalam kurikulum untuk jenjang pendidikan formal umumnya sangat terbatas. *Micro learning* sesungguhnya menawarkan sumber untuk belajar secara mandiri. *Micro learning* yang dikembangkan dalam bentuk beberapa alternatif pilihan seperti dengan penalaran induktif dan deduktif terpisah yang mengacu pada kurikulum dapat diberdayakan oleh Lembaga Pendidikan tersebut, paling tidak sebagai sumber-sumber belajar dalam suasana merdeka belajar. Kememadaiannya validitas dan relevansi *micro learning* yang dihasilkan sangat dikontribusi oleh penyelarasan setiap tahapan fase pengembangan video eksperimen dengan model Luther dan aspek terkait dalam fase-fase pengembangan model R&D Borg and Gall untuk pengembangan prototipe *micro learning* dengan pendekatan ilmiah, seperti fase concept dengan fase asesmen kebutuhan, fase designing dengan perancangan produk, fase collecting dan assembly dengan fase pembuatan produk, dan fase testing dengan uji awal dan uji preliminary produk.

Rancangan pembuktian hipotesis yang melibatkan identifikasi variabel bebas (VB), variabel terikat (VT), dan menyadari keterbatasan situasi dengan menetapkan variabel kontrol (VK) agar investigasi dalam belajar dengan pendekatan ilmiah dapat dilakukan (*feasible*). Selanjutnya keberhasilan investigasi memerlukan kecukupan dan ketepatan pemberian variasi nilai VB atau sampel (perlakuan eksperimen),antisipasi variasi nilai VT (akibat dari variasi sampel/perlakuan) yang akan diamati sebagai akibat dari variasi VB, dan kendali (penyamaan situasi) terhadap variabel lain (VK) yang mungkin berpengaruh/mengganggu data hubungan sebab-akibat (hubungan antara variasi VB dan variasi VT) yang diukur/diamati.

Pengembangan prototipe *micro learning* ini menggunakan tiga pasang contoh *micro learning* induktif dan deduktif dengan konten mikro secara berurutan yaitu skala *pH* dari topik asam-basa, faktor memengaruhi laju reaksi dari topik laju reaksi, dan penurunan tekanan uap jenuh larutan dari topik sifat koligatif larutan. Dalam rangka keberlanjutan/keterkaitan dan keutuhan unit-unit *micro learning* yang dapat dikembangkan mengikuti prototipe ini dalam membangun topik, rangkuman hasil identifikasi konsep-konsep ilmiah sasaran belajar Kimia Dasar untuk ketiga topik itu, serta rancangan pembuktian hipotesis setiap konsepsi ilmiah sasaran disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3.1 Rancangan pembuktian hipotesis (klaim konsepsi ilmiah) topik asam-basa, laju reaksi, dan sifat koligatif larutan

No	Hipotesis	VB			VT		VK	P. pra syarat
		Larutan Asam/ basa kuat	[asam] atau [basa]	[H ⁺] atau [OH ⁻] hasil ionisasi	pH larutan terukur pH meter dan/atau kertas universal	-log[H ⁺] atau 14 – log [OH ⁻]		
Topik larutan asam dan basa							•	•
1	Skala pH Induktif: “pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, pH hasil pengukuran dengan pH meter dan/atau kertas indikator universal sama dengan –log [HCl] = -log [H ⁺] untuk HCl (asam kuat monovalen) dan sama dengan 14 - (-log [NaOH]= -log [OH ⁻]) untuk NaOH (basa kuat monovalen) serta pH 7 untuk air murni (aquades), karena HCl terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H ⁺] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion OH ⁻] yang sama dengan [NaOH] serta ion H ⁺ dan ion OH ⁻ dari hasil ionisasi diri aquades memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga Kw =10 ⁻¹⁴)”. Deduktif: “pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm, larutan HCl yang terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H ⁺] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion OH ⁻] sama dengan [NaOH] serta ion H ⁺ dan ion OH ⁻ dari hasil ionisasi diri aquades memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga Kw =10 ⁻¹⁴)” memberikan pH sebesar –log [H ⁺] = -log [HCl] untuk larutan HCl dan 14- (-log[NaOH]) = 14- (-log[NaOH]) untuk larutan NaOH serta pH 7 untuk aquades.	Asam klorida	0.100 M	0.10 M ion H ⁺	1	1	• Suhu 25°C & tekanan 1 atm • Konsentrasi larutan asam dan basa tidak terlalu pekat	• Ionisasi senyawa dalam larutan
			0.01 M	0.01 M ion H ⁺	2	2		
			10 ⁻³ M	10 ⁻³ M ion H ⁺	3	3		
			10 ⁻⁴ M	10 ⁻⁴ M ion H ⁺	4	4		
			10 ⁻⁵ M	10 ⁻⁵ M ion H ⁺	5	5		
			10 ⁻⁶ M	10 ⁻⁶ M ion H ⁺	6	6		
		Aguades	murni	10 ⁻⁷ M ion H ⁺ dan juga 10 ⁻⁷ M ion OH ⁻	7	7		
		Natrium hidroksida	10 ⁻⁶ M	10 ⁻⁶ M ion [OH ⁻]	8	8		
			10 ⁻⁵ M	10 ⁻⁵ M ion [OH ⁻]	9	9		
			10 ⁻⁴ M	10 ⁻⁴ M ion [OH ⁻]	10	10		
			10 ⁻³ M	10 ⁻³ M ion [OH ⁻]	11	11		
			0.01 M	0.01 M ion [OH ⁻]	12	12		
			0.100 M	0.100 M ion [OH ⁻]	13	13		
			1.00 M	1.,00 M ion [OH ⁻]	14	14		

No	Hipotesis	VB	VT														VK	P. pra-syarat
	Bahan Indikator	Warna dalam rentang skala pH														Kelayakan sebagai indikator asam/basa untuk pH ...		
2	Indikator asam basa Induktif: “suatu indikator asam-basa dapat menentukan keasaman atau kebasaan larutan asam atau larutan basa dalam rentang pH tertentu, karena indikator asam-basa sendiri umumnya merupakan sistem kesetimbangan ion asam atau basa yang memiliki komponen (atau beberapa komponen) kesetimbangan berwarna tertentu dan konsentrasi komponen-komponen dapat bergeser sesuai dengan perubahan warna tersebut pada daerah pH itu”. Deduktif: “suatu bahan yang memberikan ciri berbeda (seperti warna) secara konsisten (biasanya mengalami kesetimbangan ion) dalam larutan asam (pH<7) dan dalam suasana basa (pH>7) merupakan indikator (dapat untuk menentukan/membedakan larutan asam atau larutan basa) dalam rentang pH tertentu”.	Kertas lakmus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	dapat	• Keadaan atmosfr baiaasa (ambien t) • Identifikasi asam/ basa dengan kertas lakmus • pH meter
			merah							biru								
		Ekstrak bunga kembang sepatu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	dapat asam utk pH ... & basa utk pH	
		Ekstrak kunir	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
		Brom timol biru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
		fenolftalein	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Asam tidak pasti dan basa hanya untuk pH > 8	
			merah															
Kertas universalasam -basa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	dapat hingga setiap skala pH			
pH meter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	dapat hingga dua digit skala pH			
...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				

	Hipotesis	VB					VT					VK	P. pra-syarat							
		Larutan asam/ basa dalam air	Harga Ka atau Kb	Molaritas asam atau basa		pH terukur	Rumus perhi-tungan pH larutan													
3	Besar pH larutan asam atau basa Induktif: “suatu larutan asam/basa kuat memilki pH sebesar –log [asam kuat] = 14 – log [basa kuat] sedangkan asam/basa lemah memilki harga pH sebesar minus logaritma akar dari hasil kali harga tetapan kesetimbangan ionisasi asam (Ka) atau tetapan ionisasi basa (Kb) dan konsentrasi	Asam kuat										-Log [asam]					• Suhu 25°C dan tekanan 1 atm • Rumus dicari untuk	• Harga tetapan kesetim bangan ionisasi dalam air		
		HCl	Ka >> 1		0.01															
					0.001															
					0.00001															
		Basa kuat										pH = 14- log [basa]								
		NaOH	Kb >> 1		0.01															
					0.001															
					0.00001															

asam/basa tersebut, karena asam/basa kuat terionisasi sempurna sedang asam/basa lemah terionisasi sebagian yang berkeseimbangan”. Deduktif: “larutan asam yang dalam air mengalami kesetimbangan ionisasi asam dengan harg Ka tertentu dan demikian juga larutan basa dalam air mengalami reaksi kesetimbangan ionisasi basa” memberikan pH sebesar sebesar minus logaritma akar dari hasil kali harga tetapan kesetimbangan ionisasi asam (Ka) dan konsentrasi asam tersebut, sementrara larutan basa memiliki pH sebesar 14 dikurangi minus logaritma akar dari hasil kali harga tetapan kesetimbangan ionisasi basa (Kb) dan konsentrasi basa tersebut.	Asam lemah				pH= ½ (-log(Ka x [asam]))	harga Ka atau Kb < 10 ⁻²	
	CH ₃ COOH	Ka= 1.8 x 10 ⁻⁵	0.01				
			0.001				
			0.00001				
	C ₆ H ₅ OH (fenol)	Ka= 1.3 x10 ⁻¹⁰	0.01				
			0.001				
			0001				
	Basa lemah				pH= 14 - pOH = 14 - (½ (-log (Kb x [basa])))		
	NH ₄ OH	Kb= 1.8 x 10 ⁻⁵	0.01				
			0.001				
			0.00001				
	Piridin (C ₅ H ₅ N)	Kb= 1.7 x 10 ⁻⁹	0.01				
			0.001				
			0.00001				

Topik laju reaksi

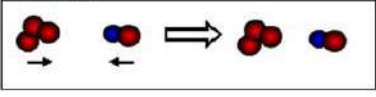
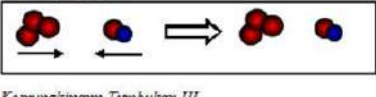
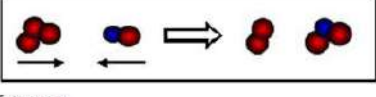
	Hipotesis	VB (variabel bebas = sebab)		VT (v. terikat = akibat)				VK (variabel kontrol)	Prasyara
		Reaksi Kimia	Lama reaksi berlangsung (5 detik)	Perubahan molaritas suatu spesi reaksi (biasanya yang dapt diukur dan yang lain bisa dikonversi secara stoikiometri)					
				Reaktan (misal padatan CaCO ₃)		Produk (misal gas CO ₂)			
				Pengurangan molaritas	Laju reaksi (mol/lit)	Penambahan molaritas	Laju reaksi (mol/lit)		
1	Expresi laju reaksi (induktif): (Induktif: “laju reaksi diekspresisikan oleh penambahan molaritas suatu produk atau pengurangan molaritas suatu reaktan atau per satuan waktu untuk reaksi tersebut dalam bentuk garfik melengkung (kurva) konsentrasi (VT) vs waktu (VB) yang meningkat untuk produk dan menurun untuk reaktan” Deduktif: “(deduktif): “lama waktu (VB) yang diperlukan untuk penambahan n sebesar molaritas tertentu suatu produk atau penurunan molaritas	$\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45					• Reaksi masih berlangsung dengan interval maktu berkelanjutan • Keadaan standar	• Penyeta raan reaksi

	tertentu suatu reaktan mengekspresikan laju suatu reaksi” (VT) dalam bentuk garfik melengkung (kurva) konsentrasi (VT) vs waktu (VB) yang meningkat untuk produk dan menurun untuk reaktan”.		50						
			55						
			60						
No	Hipotesis	VB					VT	VK (variabel kontrol)	Prasyarat
		Reaksi kimia	Detik ke- ...	[Spesi mudah terukur]	Kurva [...] terhadap lama waktu (detik)	Interval detik ke-	LR rata-rata = $\Delta[...]/\Delta t$		
2	Laju reaksi (LR) rata-rata. Induktif: “laju reaksi rata-rata terhadap spesi tertentu (suatu reaktan/produk yang mudah diukur perubahannya) merupakan perubahan molaritas spesi itu per interval waktu perubahan molaritas spesi itu (dapat ditentukan dari tabel dan/atau kurva hubungan konsentrasi terhadap lama waktu reaksi berlangsung) dari reaksi tersebut yang mana laju reaksi makin lama semakin kecil” Deduktif: “dalam interval-interval waktu (VB) menentukan rata-rata perubahan molaritas suatu spesi per satuan waktu (dapat ditentukan dari tabel dan/atau kurva hubungan konsentrasi terhadap lama waktu reaksi berlangsung) dari suatu reaksi yang mana laju reaksi makin lama semakin kecil”.	$\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}_{(aq)} 1,0 \text{ M} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60			- 0-5 5-10 10-15 15-20 20-25 25-30 30-35 35-40 40-45 45-50 50-55 55-60	-	• reaksi masih berlangsung dengan interval waktu berkelanjutan • keadaan standar	• Perhitungan laju reaksi rata-rata dari data tabel atau kurva konsentrasi ([...]) terhadap waktu
	Hipotesis	VB				VT		VK (variabel kontrol)	Prasyarat
		Reaksi kimia	Detik ke- :	[Spesi mudah terukur]	Kurva konsentrasi terhadap lama/ waktu reaksi (detik)	Detik ke-	LR sesat = kemiringan kurva di t		
3	LR sesaat Induktif: “laju reaksi sesaat terhadap spesi tertentu (suatu reaktan/produk yang mudah diukur perubahannya) merupakan perubahan molaritas spesi itu per interval waktu yang mendekati nol (limit) di suatu titik detik tertentu yang ditentukan dari gradien (kemiringan garis singgung) kurva konsentrasi terhadap lama waktu reaksi	$\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}_{(aq)} 1,0 \text{ M} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)}$	0 5 10 15 20 25 30			5 10 15 20 25 30		• reaksi masih berlangsung dengan interval waktu	• Perhitungan laju reaksi sesaat dari data kurva [...]

	berlangsung di titik detik itu, yang mana laju reaksi sesat makin lama juga semakin kecil".		35			35		berkelanjutan	terhadap waktu
			40			40		• keadaan standar	
			45			45			
			50			50			
			55			55			
			60			60			
	Deduktif: "dalam interval waktu yang mendekati nol (limit) menunjukkan besar perubahan molaritas suatu spesi sesat di titik waktu detik itu yang ditentukan dari gradien (kemiringan garis singgung) kurva konsentrasi terhadap lama waktu reaksi berlangsung di titik detik itu, yang mana laju reaksi sesat makin lama juga semakin kecil".								
	Hipotesis	VB						VT	
		Reaksi kimia	[reaktan 1]	[reaktan lain]	Suhu reaksi	Luas permukaan	Kehadiran katalis	Laju reaksi (1/t) atau perbedaan relatifnya	VK
4	Faktor mempengaruhi laju reaksi	$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_{(aq)}$	1 gram bongkahan batu kapur (CaCO_3)	50 mL 0,2 M HCl	27°C	<	Tanpa katalis		Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
	Induktif: "reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan raktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)".		1 gram serbuk dari bahan sama (CaCO_3)		27°C	>			
		$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{3(aq)}$ dg total volum campuran reaksi 50 mL	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mengandung 0,075 M HCl	27°C	Larutan (sama)	Tanpa katalis		Konsentrasi tetap dan tanpa katalis
			mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		37°C				
		Larutan dengan total volum campuran reaksi 30 mL:	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M	mengandung 0,067 M KI, 0,167 M HCl, dan 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	27°C	larutan	Tanpa katalis	$t = \dots$; LR pembentukan $\text{I}_2 = (0,25 \text{ mmol}/30) \text{ dibagi } t = \dots$	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, tanpa katalis
	• I: $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} + 2\text{KI}_{(aq)} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{I}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{KCl}_{(aq)}$	10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M						$t = \dots$ LR= ...	
	• II: $\text{I}_2 + 0,5 \text{ mmol } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2 \text{ sisa} + \text{amilum (biru)}$	10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M						$t = \dots$ LR= ..	
	Jadi 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \sim 0,25 \text{ mmol } \text{I}_2$, maka LR pembentukan I_2	10 mL 0,15 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M						$t = \dots$ LR= ...	

	efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks terkativasi intermediat) menyebabkan laju reaksi semakin cepat.	dari reaksi H_2O_2 dan $\text{KI} = (0,25 \text{ mmol}/ 30 \text{ mL}) /t$ $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$	10 mL 0,1 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M					T= ... LR= ..		
			1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$	27°C		Tanpa katalis			Suhu dan konsentrasi tetap	
			1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$	27°C		+ katalis $\text{MnO}_2(s)$				
			1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$	27°C		+ katalis $\text{FeCl}_2(aq)$				
No	Hipotesis	VB						VT	VK	P. prasyarat
		Reaksi kimia	[reaktan 1]	[reaktan 2]	Dengan konsentrasi HCl tetap diperoleh grafik garis lurus reaksi terhadap $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]^{n=...}$	Laju reaksi (~ harga 1/t)				
5	Ordo reaksi. Induktif: “laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi suatu reaktan berpangkat ordo reaksi (bilangan eksponen dari konsentrasi reaktan tersebut) pada konsentrasi reaktan-reaktan lain dari reaksi itu besarnya tetap”. Deduktif: “konsentrasi suatu reaksi berpangkat ordo reaksi (eksponen atau harga pangkat dari konsentrasi raktan tersebut) pada konsentrasi raktan-reaktan lain tetap berbanding lurus dengan laju reaksi tersebut”.	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{3(aq)}$	45 mL 0,15M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 0 mL aquades	5 mL 2,0 M HCl			• Volume total larutan sama • Pada keadaan standar	• Konsent rasi reaktan • Kurva • Persama an linier		
			35 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 10 mL aquades	5 mL 2,0 M HCl						
			25 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 10 mL aquades	5 mL 2,0 M HCl						
			15 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 10 mL aquades	5 mL 2,0 M HCl						
			5 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 10 mL aquades	5 mL 2,0 M HCl						

	Hipotesis	VB				VT		VK	P. prasyarat
		Reaksi kimia	[reaktan 1]	[reaktan 2]	Ordo reaksi terhadap [O ₂] ^x dan [NO] ^y	Laju reaksi (> / <) atau perbedaan relatifnya (1/t)	r/([O ₂] ^x [NO] ^y) = .. cenderung tetap		
6	Hukum laju reaksi Induktif: “laju reaksi berbanding lurus perkalian konsentrasi semua reaktan berpangkat ordo reaksi masing-masing dari reaksi tersebut (ordo reaksi terhadap masing-masing reaktan dicari seperti hipotesis nomor 5), sehingga $r = k [O_2]^x [NO]^y$ Deduktif: “perkalian konsentrasi semua reaktan berpangkat ordo reaksi masing-masing dari reaksi tersebut berbanding lurus dengan laju reaksi tersebut, sehingga $r = k [O_2]^x [NO]^y$	NO _(g) + O _{2(g)} → NO _{2(g)}	0,10 M	0,10 M	Ordo reaksi terhadap [O ₂] =... Dan Ordo reaksi terhadap [NO] = ...	1,20 x 10 ⁻³		• Volume total larutan sama • 25°C, tekanan 1 atm standar	• Persamaan matematika
			0,20 M	0,10 M		4,80 x 10 ⁻³			
			0,30 M	0,10 M		10,80 x 10 ⁻³			
			0,40 M	0,10 M		19,20 x 10 ⁻³			
			0,50 M	0,10 M		30,00 x 10 ⁻³			
			0,20 M	0,20 M		9,60 x 10 ⁻³			
			0,20 M	0,30 M		14,40 x 10 ⁻³			
			0,20 M	0,40 M		19,20 x 10 ⁻³			
			0,20 M	0,50 M		24,00 x 10 ⁻³			
	Hipotesis	VB					VT		
		Reaksi kimia	Tumbukan			Reaksi (terjadi/tidak)			
			Posisi (orientasi)		Suhu atau (>Ea atau <Ea)				
7	Teori tumbukan reaksi. Induktif: “reaksi terjadi dari tumbukan antar partikel-partikel zat-zat reaktan yang memiliki orientasi	NO _(g) + O _{3(g)}				<Ea	tidak		

	(posisi) tumbukan tepat dan energi aktivasi (kecepatan/energi partikel-partikel reaktan-reaktan) $> E_a$". Deduktif: "tumbukan partikel-partikel reaktan dengan posisi (orientasi) yang tepat dan energinya (kecepatan partikel-parikelnnya) melebihi energi aktivasi (tumbukan efektif) menghasilkan reaksi kimia".	$\rightarrow \text{NO}_{2(g)}$	> Keungkinan Tumbukan I Molekul-molekul reaktan saling bertumbukan satu sama lain dengan orientasi yang tepat  > Keungkinan Tumbukan II Molekul-molekul reaktan saling bertumbukan satu sama lain dengan gerakan yang cepat  > Keungkinan Tumbukan III Molekul-molekul reaktan saling bertumbukan satu sama lain dengan gerakan yang cepat dan orientasi yang tepat  Keterangan  : gerakan molekul lambat  : gerakan molekul cepat	$> E_a$	tidak		
--	--	--------------------------------	---	---------	-------	--	--

Topik: Sifat koligatif larutan

No.	Hipotesis	VB		VT			VK	P. pra-syarat
		Larutan	Fraksi mol partikel komponen xB utk zat terlarut dan xA untuk pelarut dalam	PA (tekanan uap pelarut untuk larutan zat B) dalam satuan Torr	ΔPA dalam Torr	Rumus ΔPA yang cocok		
1	Penurunan tekanan uap larutan Induktif: “penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) zat terlarut yang memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut yg berkeseti-mbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya” Duktif: “pada suhu tertentu, sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) zat terlarut memberi peningkatan	Glukosa dalam air	$x_B = n_B/(n_B+n_A) = 0$; $x_A = 1 - x_B = 1$	23,76 = P_A° = tekanan uap jenuh pelarut murni	0	$\Delta P = - (P_A^\circ (1-x_B))$	• larutan non elektrolit • keadaan standar • zat terlarut tidak mudah menguap	• PV= nRT • Keseti mbangan an fase
			$x_B = 0,01$; $x_A = 0,99$	23.52	-0.24			
			$x_B = 0,1$; $x_A = 0,9$	21.38	-2.38			
		... dalam toluena	$x_B = 0$; $x_A = 1$	28,4				
			$x_B = 0,1$; $x_A = 0,9$	28.116	-0.284			
			$x_B = 0,01$; $x_A = 0,99$	25.56	-2.84			
		Laruitan NaCl dalam air	$x_B = 0$; $x_A = 1$	23.76	0	$\Delta P = i \times P_A^\circ (1-x_B)$	• larutan elektrolit • keadaan standar	
			$x_{B_{tot}} = (i \times n_B)/(i \times n_B + n_A) = (2 \times n_B)/(2 \times n_B + n_A) = 0,02$ (untuk $x_B = 0,01$)	23.28	-0.48			
			0,2 (untuk $x_B = 0,1$)	19.01	-4.75			
		K2SO4 dalam	$x_B = 0$; $x_A = 1$	23.76	0			

	hambatan pada partikel-partikel zat pelarut yg berkesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya menyebabkan semakin besar penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan".	air	$x_{B_{tot}}=(i \times nB)/(i \times nB+nA)=(2 \times nB)/(2 \times nB+nA) = 0,03$ (untuk $x_B = 0,01$ m)			23.05	-0.71		• zat terlarut tidak mudah menguat pelarut air		
			$x_{B_{tot}}= 0,3$ untuk $x_B = 0,1$ m			16.63	-7.13				
	Hipotesis	VB						VT		VK	P. pra-syarat
		Larutan	Molalitas partikel-partiekl zat telarut B (mB) = mol B/1000 gr pelarut A			Kd (°C/m)	$\Delta t_d = t_d - t_d^o$ dalam Celsius =	Rumus Δt_d			
			molekul	masing-masing ion (n.α.m)	total partikel						
2	Kenaikan titik didih larutan Induktif: “kenaikan titik didih (pencapaian kesamaan tekanan uap pelarut dengan tekanan udara luar) pada larutan tersebut sebanding dengan harga Kd (kenaikan titik didih molalnlarutan) dan peningkatan molalitas (konsentrasi) partikel-partikel zat terlarut yang memerlukan tambahan kalor untuk mengatasi hambatan zat terlarut terhadap partikel-partikel zat pelarut untuk meninggaklakan fase cair (tekanan uap menurun)”. Deduktif: “keperluan tambahan kalor untuk mengatasi hambatan zat terlarut terhadap partikel-partikel zat pelarut untuk meninggaklakan fase cair (tekanan uap menurun), sesuai peningkatan molalitas (konsentrasi) partikel-partikel zat terlarut semakin menaikan titik didih (pencapaian kesamaan tekanan uap pelarut dengan tekanan udara luar) pada larutan tersebut” sesuai Kd pelarut”.	1 m glukosa dalam air	1 m glukosa		1 m	0,52	0,52	= Kd x m	Tekanan udara di lab setempat	• Kesetimbangan fase • Definisi titik didih • Tekanan atmosfer dan titik didih sesuai ketinggian tempat (terhadap permukaan laut)	
		0.5 m glukosa dalam air	0.5 m glukosa		0.5 m		0,26				
		0.1 m glukosa dalam air	0.1 m glukosa		0.1 m		0,05				
		1 m... dalam benzena	1 m ...		1 m	2,53	2,53				
		0.5 m ... dalam benzena	0.5 m ...		0.5 m		1,265				
		0.1 m ... dalam benzena	0.1 m ...		0.1 m		0,253				
		1 m NaCl dalam air	-	1 m ion Na ⁺ + 1 m ion Cl ⁻	1 m	0,52	0,42	= i x Kd x m			
		0,5 m NaCl dalam air	-	0.5 m ion Na ⁺ + 0.5 m ion Cl ⁻	0.5 m		0,21				
		0,1 m NaCl dalam air	-	0.1 m ion Na ⁺ + 0.1 m ion Cl ⁻	0.1 m		0,1				
		1 m K ₂ SO ₄ dalam air	-	2 m K ⁺ + 1 m SO ₄ ⁻		0,52	0,62				
		0.5 m K ₂ SO ₄ dalam air	-	1 m K ⁺ + 0.5 m SO ₄ ⁻			0,31				
		0.1 m K ₂ SO ₄ dalam air	-	0.2 m K ⁺ + 0.1 m SO ₄ ⁻			0,16				

	Hipotesis	VB					VT		VK	P. pra-syarat
		Larutan	Molalitas partikel-partiekl zat terlarut B (mB) = mol B/1000 gr pelarut A			Kd (°C/m)	Δtf = tf - tf° dalam Celsius =	Rumus Δtf		
			molekul	ion (n.α.m)	total partikel					
3	Penurunan titik beku Induktif: “penurunan titik beku pelarut dalam larutan (umumnya hanya disebut larutan) sebanding dengan peningkatan molalitas (konsentrasi) partikel-partikel zat terlarut yang perlu melepaskan panas yang lebih besar untuk mengurangi tolakan dari halangan partikel-partikel zat terlarut pada larutan tersebut dengan meningkatnya molalitas zat terlarut. Deduktif: “keperluan tambahan kalor untuk mengatasi hambatan zat terlarut terhadap partikel-partikel zat pelarut untuk meninggaklakan fase cair (tekanan uap menurun) yang sebanding dengan peningkatan molalitas (konsentrasi) partikel-partikel zat terlarut semakin menaikan titik didih (pencapaian kesamaan tekanan uap pelarut dengan tekanan udara luar) pada larutan tersebut”.	1 m glukosa dalam air	1 m glukosa		1 m	1,86	-1.86	= Kf x m	Tekanan udara luar setempat	Kesetimbangan fase
		0.5 m glukosa dalam air	0.5 m glukosa		0.5 m		-0.93			
		0.1 m glukosa dalam air	0.1 m glukosa		0.1 m		-0,19			
		1 m... dalam kloroform	1 m ...		1 m	4,68	-4,68			
		0.5 m ... dalam kloroform	0.5 m ...		0.5 m		-2,34			
		0.1 m ... dalam kloroform	0.1 m ...		0.1 m		-0,46			
		1 m NaCl dalam air	-	1 m ion Na ⁺ + 1 m ion Cl ⁻	2 m	1,86	-3,72	= i x Kf x m		
		0,5 m NaCl dalam air	-	0.5 m ion Na ⁺ + 0.5 m ion Cl ⁻	1 m		-1,86			
		0,1 m NaCl dalam air	-	0.1 m ion Na ⁺ + 0.1 m ion Cl ⁻	0.2 m		-0,37			
		1 m K ₂ SO ₄ dalam air	-	2 m K ⁺ + 1 m SO ₄ ⁻	3 m	1,86	-5,58			
		0.5 m K ₂ SO ₄ dalam air	-	1 m K ⁺ + 0.5 m SO ₄ ⁻	1.5 m		-2,79			
		0.1 m K ₂ SO ₄ dalam air	-	0.2 m K ⁺ + 0.1 m SO ₄ ⁻	0.3 m		0,56			

No	Hipotesis	VB				VT		VK	P. pra-syarat
		Larutan	Molaritas partikel-partiekl zat telarut B M)			Tekanan osmotik (π)			
			molekul	masing-masing spesi (n.α.M)	Semua spesi	dalam atmosfer	Rumus		
4	Tekanan osmotik Induktif: “pada suhu tertentu, tekanan osmotik larutan dengan konsentrasi yang lebih besar (tekanan partikel-partikel pelarut utk berpindah dari pelarut murni atau larutan yang lebih encer menuju larutan yang lebih pekat) sebanding dengan konsentrasi zat terlarut yang lebih pekat karena kehadiran partikel-partikel zat terlarut dalam larutan dengan konsentarsi yang lebih tinggi total menarik lebih banyak molekul-molekul zat pelarut”. Deduktif: “Pada suhu tertentu, kehadiran partikel-partikel zat terlarut (yang menarik molekul-molerkul pelarut) dengan konsentrasi yang lebih pekat yang dibatasi dengan selaput permiabel terhadap pelarut murni atau larutan dg konsentrasi yang lebih rendah menyebab-kan tekanan partikel-partikel pelarut utk berpindah dari pelarut murnin atau larutan yang lebih encer menuju larutan yang lebih pekat (tekanan osmotik larutan dengan konsentrasi yang lebih besar) sebanding dengan molaritas larutan zat dalam konsentrasi yang lebih besar”.	..M glukosa dalam air	..M glukosa	-	... M		π= C x R x T	• Harga tetapan umum gas (R) • Varias satuan tekanan an	
		0.1 M glukosa dalam air	0.1 M glukosa	-	0.1 M	2,45 atm			
		0.01 M glukosa dalam air	0.01 M glukosa		0.01 M	0,245 atm			
		.. M... dalam kloroform	.. M ...		... M				
		0.1 M dalam kloroform	0.1 M ...		0.1 M				
		0.01 M dalam kloroform	0.01 M ...		0.01 M				
		... M NaCl dalam air	-	... M ion Na ⁺ + ... M ion Cl ⁻	.. M		= i x (C x R x T)		
		0.1 Mm NaCl dalam air	-	0.1 M ion Na ⁺ + 0.1 M ion Cl ⁻	0,2 M	4,89 atm			
		0.01 M NaCl dalam air	-	0.1 M ion Na ⁺ + 0.1 M ion Cl ⁻	0.02 M	0,49 atm			
		... M K ₂ SO ₄ dalam air	-	2 M K ⁺ + 1 M SO ₄ ⁻	.. M				
		0.1 M K ₂ SO ₄ dalam air	-	1 M K ⁺ + 0.5 M SO ₄ ⁻	0.3 M	7,35			
		0.01 M K ₂ SO ₄ dalam air	-	0.2 M K ⁺ + 0.1 M SO ₄ ⁻	0.03 M	0,735			

4.2 Tiga Pasang Contoh *Micro Learning* Induktif dan Deduktif Berbantuan Video Eksperimen

Dokumen program *micro learning* berbantuan video eksperimen meliputi (a) lembar kerja subjek belajar, (b) informasi materi untuk merasionalisasi konsepsi ilmiah dengan organisasi sajian sama dengan lembar kerja (*worksheet*), dan (c) tugas kelompok, rujukan tugas individu latihan penyelesaian soal-soal penguasaan dan pengayaan konsep. Contoh tes formatif pilihan ganda capaian kognitif *micro learning* juga disertakan untuk contoh *micro learning* (faktor yang memengaruhi laju reaksi dan skala pH). Dalam dokumen prototipe *micro learning* ini disajikan tiga pasang contoh *micro learning* induktif dan deduktif berbantuan eksperimen yaitu untuk konten mikro skala pH (3.1), faktor yang memengaruhi laju reaksi (3.2), dan penurunan tekanan uap larutan (3.3).

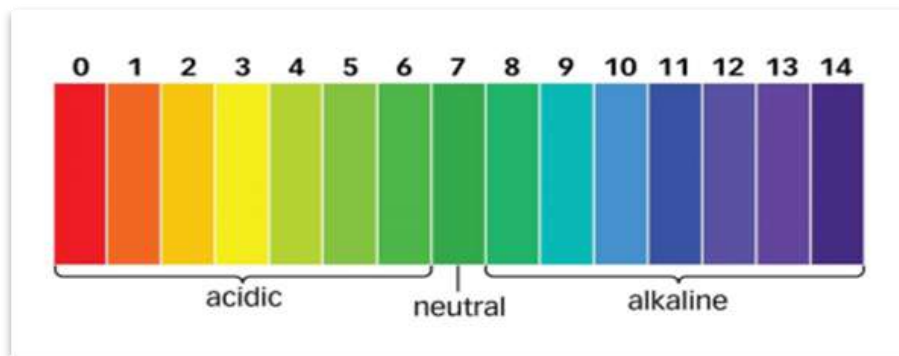
4.2.1 Sepasang *micro learning* induktif dan deduktif skala pH berbantuan video eksperimen

A. *Micro learning* induktif

***MICRO LEARNING* INDUKTIF**

SKALA KEASAMAN (pH) LARUTAN

(SUBTOPIK INDIKATOR ASAM BASA)



NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :

Naskah *micro learning* terdiri atas (a) lembar kerja, (b) informasi (teks) materi konstruksi konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

Tujuan Pembelajaran

mampu mengkonstruksi skala keasaman melalui pengukuran pH dan/atau indikator kertas asam-basa universal dari serangkaian rangkaian konsentrasi larutan asam kuat, aquades, dan basa kuat.

Fenomena

Di sekolah menengah pertama (SMP) sudah diajak mengenal larutan asam dengan menggunakan kertas lakmus merah dan biru ([buka video](#)). Dalam kehidupan sehari-hari kita sering merasakan minuman dari yang sangat asam hingga tawar demikian juga pahit hingga tawar. Makin pekat suatu asam berasa makin asam dan makin pekat suatu basa berasa semakin pahit. Derajat keasaman/kebasaan dinyatakan dari harga pH yang diukur menggunakan pH meter atau ditentukan dari warna kertas indikator asam-basa universal yang dibasahi larutan tersebut. Lebih teliti lagi bahwa derajat keasaman merentang dari sangat asam ($\text{pH}=1$) ke sedikit asam dan netral ($\text{pH}=7$), dan dari netral ke sedikit basa hingga sangat ($\text{pH}=14$). Tentu saja pemahaman tentang skala pH perlu diketahui dulu untuk mengetahui pengetahuan asam basa lebih lanjut seperti pembuatan larutan dengan pH tertentu untuk pemeliharaan mikroorganisme atau daerah pH perubahan warna dari suatu indikator asam basa alami yang mungkin kita buat (seperti dari ekstrak bunga kembang sepatu).



Larutan dalam air dengan pH 1 s.d 6 dimiliki larutan asam klorida yang terionisasi sempurna (elektrolit kuat) dari konsentrasi 0,100 M s.d. 10^{-6} M. Air murni (aquades) yang bersifat netral (tidak berasa asam dan tidak berasa pahit) memiliki pH 7. Sementara pH 8 s.d. 14 bisa didapat dari larutan NaOH yang juga terionisasi sempurna (elektrolit kuat) dari konsentrasi 10^{-6} M s.d. 0,10 M. Istilah pH dikaitkan dengan konsentrasi ion H^+ atau OH^- dalam larutan air. Pada suhu 25°C hasil kali $[\text{ion H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$ dalam air tetap sebesar 10^{-14} . Skala pH meter memberdayakan besar skala kelistrikan terkait dengan konsentrasi ion H^+ atau OH^- dalam larutan asam/basa dalam air. Sementara perubahan warna indikator visual asam basa berhubungan dengan pergeseran reaksi kesetimbangan kandungan zat utama dalam indikator itu oleh besar konsentrasi ion H^+ atau OH^- dalam larutan. Komponen reaktan dan produk dari kesetimbangan zat indikator memiliki warna yang berbeda.



1. Mengamati

Berdasarkan fenomena yang telah diamati, informasi-informasi awal penting apa diperoleh (diamati) terkait percobaan membangun skala keasaman/kebasaan berupa pH 1 – 14 dalam air pada suhu 25°C .

Jawaban (daftar informasi awal menuju rumusan masalah):

Informasi faktual baru:	• •
Pengetahuan/konsepsi ilmiah prasyarat:	• •

Daftar informasi awal yang diharapkan

2. Menanya

Berdasarkan sejumlah informasi faktual awal tersebut yang diperoleh dalam fenomena latar dan pengamatan di sekitar, buatlah pertanyaan klarifikatif untuk informasi yang belum jelas (jika ada) dan masalah investigatif tentang skala pH larutan dalam air!

Jawaban :

Pertanyaan klarifikasi (kejelasan informasi faktual awal dan [pengetahuan prasyarat]:

Pertanyaan investigatif (rumusan masalah yang akan dicari jawabannya melalui tahapan M3 dan M4):

3. Mengumpulkan data

a. Merumuskan hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah di atas, buatlah sebuah hipotesis atau sebuah kalimat jawaban sementara dari rumusan masalah investigasi yang telah dibuat (dalam bentuk sebuah kalimat akibat-sebab lebih cocok untuk hipotesis induktif)!

b. Merancang percobaan/eksperimen (pembuktian hipotesis)

Untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan, buatlah rancangan percobaan pembuktian yang meliputi identifikasi variabel-variabel hipotesis, desain/rancangan pembuktian hipotesis, menentukan alat dan bahan, menyusun prosedur kerja/cara kerja, dan membuat format pencatatan data!

1) Variabel percobaan

Tabel 1. Jenis variabel (ini contoh, siswa diharapkan mengembangkan sendiri)

Hipotesis	Variabel Bebas (VB)	Variabel Terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)
Besar pH larutan ditentukan oleh [HCl] atau [NaOH] dalam larutan	1. [HCl] atau [NaOH]	1. pH larutan	Suhu 25°C

2) Desain percobaan (pembuktian hipotesis)

Desain percobaan dibuat dengan memberikan variasi nilai/aspek variabel bebas (sampel dan perlakuan) dan menetapkan variasi nilai variabel terikat (hasil pengukuran/pengamatan akibat dari perlakuan) yang akan mengikuti variasi nilai variabel bebas.

Tabel 2. Desain pembuktian hipotesis (contoh)

Hipotesis	VB	VT		VK
	Asam kuat atau basa kuat	pH terbaca pada pH meter (video)	pH teridentifikasi dengan indikator universal (video)	Suhu
pH larutan ditentukan oleh [HCl] atau [NaOH]	HCl 0,1 M			25°C
	HCl 0,01 M			
	HCl 0,001 M			
	HCl 0,0001 M			
	HCl 0,00001 M			
	HCl 0,000001 M			
	Aquades			
	NaOH 0,000001M			
	NaOH 0,00001M			
	NaOH 0,0001M			
	NaOH 0,0001M			
	NaOH 0,001M			
	NaOH 0,01M			
	NaOH 0,1M			

3) Alat dan bahan

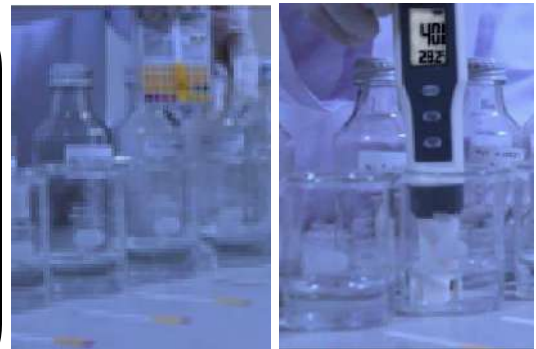
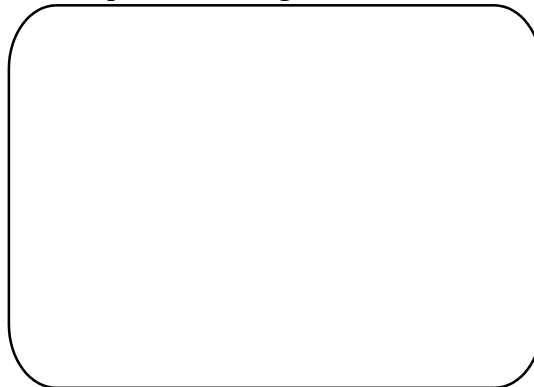
Berdasarkan desain pembuktian Tabel 2 alat dan bahan yang diperlukan serta fungsinya sebagai berikut.

a) Alat dan fungsinya:

b) Bahan dan fungsinya:

4) Cara Kerja

Berdasarkan desain pembuktian Tabel 2 cara kerja (prosedur) pengambilan data eksperimen sebagai berikut.



<https://youtu.be/fwIvPrekCBc>

5) Format/tabel hasil pengamatan

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan pembuktian hipotesis atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama, Tabel 2).

6) Pelaksanaan pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan mengikuti prosedur yang dikembangkan dari desain pembuktian hipotesis (Tabel 2) seperti dalam rekaman video (<https://youtu.be/fwIvPrekCBc>). Data hasil pengamatan disajikan dalam format pencatatan data (Tabel 3).

Tabel 3 Data hasil eksperimen (contoh)

Hipotesis	VB	VT		VK
	Asam kuat atau basa kuat	pH terbaca pada pH meter (video)	pH teridentifikasi dengan indikator universal (video)	Suhu
Besar [HCl] atau [NaOH] dalam larutan menentukan besar pH larutan	HCl 0,1 M			25°C
	HCl 0,01 M			
	HCl 0,001 M			
	HCl 0,0001 M			
	HCl 0,00001 M			
	HCl 0,000001 M			
	Air murni			
	NaOH 0,000001M			
	NaOH 0,00001M			
	NaOH 0,0001M			
	NaOH 0,0001M			
	NaOH 0,001M			
	NaOH 0,01M			
	NaOH 0,1M			

4. Mengasosiasi

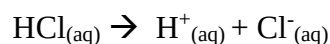
Pada tahapan mengasosiasi, diharapkan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini melalui data yang telah diperoleh dalam tabel di bagian mengumpulkan data, serta dari mencermati ulasan materi pada *power point* di bagian mengasosiasi ataupun melalui sumber-sumber yang relevan, sehingga dapat menyimpulkan rumusan hipotesis yang dibuat dan mempersiapkan untuk dapat mempresentasikan hasil dengan baik! Rumusan hipotesis untuk dibuktikan “ harga negatif dari $\log [\text{ion H}^+]$ atau $14 - \log [\text{OH}^-]$ dalam larutan merupakan derajat keasaman atau kebasaan atau pH dari larutan tersebut”.

Dari data hasil eksperimen dalam Tabel 3 yang diperoleh berdasarkan percobaan dapat dianalisis sebagai berikut (ini contoh, subjek belajar diharapkan mengembangkan sendiri agar lebih merasakan penemuan konsepsi ilmiah oleh diri sendiri).

Pengolahan data dan analisis data

i) Mengapa $[\text{HCl}]$ dan $[\text{NaOH}]$ menentukan pH larutan?

Informasi keberadaan partikel-partikel asam klorida ([klik video animasi partikel](#)) dengan konsentrasi 0,100 M memperlihatkan larutan elektrolit kuat yang mengindikasikan larutan HCl terionisasi sempurna dalam air. Demikian juga NaOH dengan konsentrasi 0,100 M menunjukkan larutan elektrolit yang mengalami ionisasi sempurna dalam air. Sementara air merupakan elektrolit lemah yang mengindikasikan hanya sedikit mengalami ionisasi. Ionisasi dalam air yang berhubungan dengan kekuatan daya hantar listrik disajikan dalam video ([klik video animasi](#)) untuk larutan garam, ([klik video animasi](#)) untuk larutan asam kuat, dan ([klik video animasi](#)) untuk air sendiri. Persamaan reaksi ionisasi HCl, NaOH, dan H_2O sebagai berikut.



Air murni atau aquades bersifat netral (tidak asam atau basa/pahit), karena mengandung konsentrasi ion H^+ dan $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ sama. Air hanya terionisasi sedikit menghasilkan ion H^+ dan OH^- . Dari sumber informasi ditemukan bahwa, pada suhu 25°C hasil kali antara $[\text{ion H}^+]$ dan $[\text{ion OH}^-]$ dari ionisasi diri air atau K_w adalah 10^{-14} . Air murni memiliki $[\text{ion H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ dengan pH 7 pada suhu 25°C . Penambahan asam elektrolit kuat HCl 0,10 M mengecilkan pH larutan hingga mencapai harga pH = 1, dan sebaliknya penambahan basa elektrolit kuat NaOH 0,10 M membesarkan pH hingga mencapai 13. Pergeseran kesetimbangan ion air dengan harga hasil kali $[\text{H}^+]$ dan $[\text{OH}^-] = 10^{-14}$ mengarahkan pada pengungkapan skala pH sebagai derajat keasaman/kebasaan larutan dalam air 1-14.

ii) Bagaimanakah hubungan data $[\text{ion H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$ larutan asam atau basa elektrolit kuat dalam air dengan pH larutan yang terukur?

Kehadiran asam (tambahan $[\text{H}^+]$) atau kehadiran basa (tambahan OH^-) menggeser kesetimbangan ion air. Asam elektrolit kuat banyak memberikan ion H^+ , sedangkan basa elektrolit kuat banyak memberikan ion OH^- yang lebih menentukan $[\text{H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$ dalam larutan air.

Tabel 4. Analisis hubungan $[H^+]$ dan $[OH^-]$ terhadap pH larutan

Hipotesis	VB		VT		VK
	Asam kuat atau basa kuat	$[ion H^+]$ atau $[ion OH^-]$	pH terbaca pada pH meter atau kertas universal	$pH = -\log[H^+]$ $= 14 - \log [OH^-]$	Suhu
Besar $[HCl]$ atau $[NaOH]$ dalam larutan menentukan besar pH larutan	HCl 0,1 M				25°C
	HCl 0,01 M				
	HCl 0,001 M				
	HCl 0,0001 M				
	HCl 0,00001 M				
	HCl 0,000001 M				
	Aquades				
	NaOH 0,000001M				
	NaOH 0,00001M				
	NaOH 0,0001M				
	NaOH 0,0001M				
	NaOH 0,001M				
	NaOH 0,01M				
	NaOH 0,1M				

Interpretasi hasil pengolahan data (contoh):

Data hasil pengukuran pH 1-14 menunjukkan harga pH larutan = $-\log [H^+]$ ($= -\log [HCl]$), setengah dari $-\log K_w$ (air murni), dan $14 - \log [OH^-]$ ($= 14 - \log [NaOH]$).

Pembahasan

Mengapa $[ion H^+]$ atau $[ion OH^-]$ dari ionisasi air terabaikan dalam menentukan pH larutan asam maupun basa elektrolit kuat (ingat hasil kali ($[H^+] \times [OH^-]$) dalam air pada suhu 25°C tetap sebesar 10^{-14})?

Jawaban:

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan tersebut, apa kesimpulan yang Anda dapatkan terkait dengan rumusan hipotesis yang diajukan di depan?

Simpulan yang diharapkan:

(nyatakan dengan mengkonfirmasi (pilih): hipotesis diterima/ditolak)

5. Mengkomunikasikan

Setelah lembar kerja diisi lengkap, dapat dibuat presentasi kerja ilmiah yang dilakukan seperti contoh presentasi yang disajikan dalam bentuk tautan [PPT](#) ini. Komunikasi proses dan temuan belajar dapat juga disajikan dalam bentuk dokumen laporan, poster, artikel ilmiah, makalah, atau bentuk komunikasi lain. Materi presentasi terutama berisi rangkuman langkah-langkah kerja ilmiah dan temuannya. Jangan lupa menjawab soal-soal terkait untuk penguasaan dan pengayaan konsep (baik dalam lembar kerja atau sumber lain yang ditemukan) terkait dengan temuan Anda.

b. Teks *micro learning* induktif skala pH (bisa juga klik/buka [PPT Guru](#))

Fenomena (lihat lembar kerja)

Sejumlah informasi/pengetahuan awal diperoleh dari paragraf fenomena dan pengamatan di sekitar (buku IPA SMP). Pengetahuan awal tersebut yakni: (1) derajat keasaman/kebasaan (pH) dapat ditentukan dari warna kertas indikator universal yang dibasahi larutan dan/atau diukur dengan pH meter, (2) skala pH 1 -14 dapat ditunjukkan oleh variasi konsentrasi larutan HCl (elektrolit kuat), air murni (netral), dan variasi konsentrasi larutan NaOH (elektrolit kuat), (3) pada suhu 25°C hasil kali $[H^+]$ dan $[OH^-]$ dalam air tetap sebesar 10^{-14} , dan (4) skala pH meter memberdayakan besar skala kelistrikan larutan asam/basa dalam air, sedangkan warna indikator visual asam basa berhubungan konsentrasi komponen/spesi pembawa warna dari reaksi kesetimbangan ion indikator yang bergeser mengikuti besar $[H^+]$ atau $[OH^-]$ dalam larutan.

Sejumlah informasi hasil pengamatan awal di atas mengarahkan pada rumusan masalah investigasi yang perlu dijawab yakni bagaimana skala pH 1-14 yang ditunjukkan oleh pH meter dan/atau kertas indikator universal dapat ditunjukkan oleh variasi konsentrasi larutan HCl, air murni, dan variasi konsentrasi larutan NaOH dalam air? Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban rumusan masalah investigasi di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis dalam bentuk pengetahuan konseptual akibat-sebab (sebuah kalimat pasif akan optimal mendukung penalaran induktif). Dengan menyimak informasi awal yang didapat, rumusan hipotesis untuk rumusan masalah investigasi tersebut adalah “pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, pH hasil pengukuran dengan pH meter dan/atau kertas indikator universal sama dengan $-\log [HCl]$ untuk HCl (asam kuat monovalen) dan sama dengan $14 - (-\log [NaOH])$ untuk NaOH (basa kuat monovalen), serta pH 7 untuk air murni, karena HCl terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[ion H^+]$ yang sama dengan $[HCl]$ dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[ion OH^-]$ yang sama dengan $[NaOH]$ serta ion H^+ dan ion OH^- dari hasil ionisasi diri air murni memiliki konsentrasi ion H^+ dan konsentrasi ion OH^- yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$).

Rancangan eksperimen (pembuktian hipotesis) diawali dengan mengidentifikasi variabel bebas (VB), variabel terikat (VT), dan variabel kontrol (VK) dari rumusan hipotesis. Tahapan selanjutnya menentukan variasi nilai variabel bebas sebagai sampel eksperimen untuk diamati variasi akibatnya (VT), dan faktor lain yang mungkin berpengaruh dikontrol/dikendalikan (seperti dengan membuatnya sama) agar tidak memberi efek perbedaan pada variasi nilai VT. Rumusan hipotesis di atas melibatkan

konsentrasi asam (HCl) atau ion H^+ , ion H^+ dan OH^- air murni, dan konsentrasi basa (NaOH) atau ion OH^- dari basa sebagai VB, pH larutan sebagai VT, dan sampel berupa asam dan basa elektrolit kuat monovalen serta air murni pada suhu $25^\circ C$ dan tekanan 1 atmosfer sebagai VK. Rancangan eksperimen perlu dibuat dalam bentuk tabel. Tabel tersebut akan mengarahkan kepada format pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Tabel rancangan eksperimen disajikan dalam Tabel 3.1.a.1

Tabel 3.1.a.1. Rancangan pembuktian hipotesis

3	Hipotesis	VB			VT		VK
		Asam/ basa kuat	[asam] atau [basa]	$[H^+]$ atau $[OH^-]$ hasil ionisasi	pH larutan terukur terukur (pH meter dan /atau kertas universal)	$-\log[H^+]$ atau $14 - \log [OH^-]$	
Pada suhu $25^\circ C$ dan tekanan 1 atmosfer, pH hasil pengukuran dengan pH meter dan/atau kertas indikator universal sama dengan $-\log [HCl] = -\log [H^+]$ untuk HCl (asam kuat monovalen) dan sama dengan $14 - (-\log [NaOH] = -\log [OH^-])$ untuk NaOH (basa kuat monovalen) serta pH 7 untuk air murni, karena HCl terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[ion H^+]$ yang sama dengan $[HCl]$ dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[ion OH^-]$ yang sama dengan $[NaOH]$ serta ion H^+ dan ion OH^- dari hasil ionisasi diri air murni memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$).	Asam klorida	0,100 M	0,10 M ion H^+				- Asam monovalen elektrolit kuat - Basa monovalen elektrolit kuat
		0,01 M	0,01 M ion H^+				
		10^{-3} M	10^{-3} M ion H^+				
		10^{-4} M	10^{-4} M ion H^+				
		10^{-5} M	10^{-5} M ion H^+				
		10^{-6} M	10^{-6} M ion H^+				
	Aguades	murni	10^{-7} M ion H^+ dan juga 10^{-7} M ion OH^-				- Suhu $25^\circ C$ & tekanan 1 atm - Konsentrasi asam atau basa dari 0,100 s.d. 1×10^{-6} M
	Natrium hidroksida	10^{-6} M	10^{-6} M ion $[OH^-]$				
		10^{-5} M	10^{-5} M ion $[OH^-]$				
		10^{-4} M	10^{-4} M ion $[OH^-]$				
		10^{-3} M	10^{-3} M ion $[OH^-]$				
		0,01 M	10^{-2} M ion $[OH^-]$				
		0,100 M	0,100 M ion $[OH^-]$				
		1,00 M	1,00 M ion $[OH^-]$				

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut.

Alat	Bahan
- pH meter dan/atau kertas indikator asam-basa universal 14 labur erlenmeyer 100 mL yang tertutup 2 buah labu ukur 50 mL - Pipet gondok 5 mL - termometer	- total masing-masing 50 mL 0,100 M larutan HCl dan larutan NaOH (dari hipotesis 1) untuk standarisasi dan pembuatan larutan yang lebih encer. 50 mL larutan 0,100 M HCl yang sudah distandarisasi yang secara berkelanjutan digunakan membuat variasi 50 mL konsentrasi larutan HCl dari 0,01 s.d. 0,000001 M 50 mL larutan 0,100 M NaOH baru dibuat dan sudah distandarisasi - Aguades yang akan

Prosedur pelaksanaan dan pencatatan data eksperimen melibatkan penyediaan air murni, persiapan 100 mL larutan 0,100 M larutan NaOH yang segar (baru dibuat) dan dipastikan dengan teliti konsentrasinya melalui standarisasi dengan larutan standar primer, 100 larutan 0,100 M larutan HCl yang juga distandarisasi. Selanjutnya melibatkan kegiatan utama sebagai berikut (<https://youtu.be/fwIvPrekCBc>). (i) Menyediakan 50 mL larutan HCl dengan konsentrasi bervariasi 0,100 M dan 10^{-2} s.d. 1×10^{-6} M melalui pengenceran larutan standar HCl, 50 mL air murni, dan 50 mL larutan NaOH 0,100 M dan 1×10^{-2} s.d. 1×10^{-6} M dengan mengencerkan larutan standar 0,100 M NaOH. (ii) Menguji pH setiap larutan dengan indikator asam-basa kertas universal dan juga diukur dengan pH meter untuk memastikan harga pH yang terukur. (iii) Air murni dengan suhu sama (25°C) disiapkan dari pendinginan air murni yang telah dipanaskan (untuk menghilangkan asam karbonat yang terbentuk dari CO₂ dari udara yang larut). (iv) Hasil pengukuran pH dari semua sampel (13 buah sampel) dicatat

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama). Dengan pertimbangan efisiensi penulisan dokumen *micro learning* ini, tabel pencatatan data yang sekaligus sudah diisi dengan catatan data hasil eksperimen (akhir M3) dan tabel pengolahan data (awal M4) disajikan bersamaan (digabung) dalam Tabel 3.1.1b.

Tabel 3.1.a.2. Data hasil eksperimen dan pengolahannya

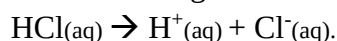
Hipotesis	VB			VT		VK
	Asam/ basa kuat	[asam] atau [basa]	[H ⁺] atau [OH ⁻] hasil ionisasi	pH larutan terukur terukur (pH meter dan /atau kertas universal)	-log[H ⁺] atau 14 – log [OH ⁻]	
Pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, pH hasil pengukuran dengan pH meter dan/atau kertas indikator universal sama dengan $-\log [\text{HCl}] = -\log [\text{H}^+]$ untuk HCl (asam kuat monovalen) dan sama dengan $14 - (-\log [\text{NaOH}]) = -\log [\text{OH}^-]$ untuk NaOH (basa kuat monovalen) serta pH 7 untuk air murni, karena HCl terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H ⁺] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion OH ⁻]	Asam klorida	0.100 M	0.10 M ion H ⁺	1	1	• Suhu 25°C & tekanan 1 atm • Konsentrasi larutan asam dan basa tidak terlalu pekat
		0.01 M	0.01 M ion H ⁺	2	2	
		10^{-3} M	10^{-3} M ion H ⁺	3	3	
		10^{-4} M	10^{-4} M ion H ⁺	4	4	
		10^{-5} M	10^{-5} M ion H ⁺	5	5	
		10^{-6} M	10^{-6} M ion H ⁺	6	6	
	Aguades	murni	10^{-7} M ion H ⁺ dan juga 10^{-7} M ion OH ⁻	7	7	
	Natrium hidroksida	10^{-6} M	10^{-6} M ion [OH ⁻]	8	8	
		10^{-5} M	10^{-5} M ion [OH ⁻]	9	9	
		10^{-4} M	10^{-4} M ion [OH ⁻]	10	10	
		10^{-3} M	10^{-3} M ion [OH ⁻]	11	11	
		0.01 M	10^{-2} M ion	12	12	

yang sama dengan [NaOH] serta ion H^+ dan ion OH^- dari hasil ionisasi diri air murni memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$).			[OH ⁻]			
	0.100 M		0.100 M ion [OH ⁻]	13	13	
	1.00 M		1.,00 M ion [OH ⁻]	14	14	

Interpretasi hasil pengolahan data dalam tabel di atas adalah harga pH terukur adalah (i) 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 secara berurutan untuk larutan HCl 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} M, (ii) 7 untuk air murni, dan (iii) 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14 secara berurutan untuk larutan NaOH 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , dan 10^0 .

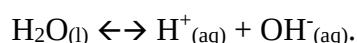
Pembahasan

Informasi awal menyatakan bahwa besar harga pH yang diukur oleh pH meter sesungguhnya mengukur besar gejala kelistrikan yang berkaitan dengan konsentrasi suatu ion (yakni [ion H^+] atau [ion OH^-] untuk gejala pH). Data pembuktian hipotesis menunjukkan bahwa variasi harga pH hasil pengukuran PH meter dan/atau kertas indikator universal berhubungan dalam bentuk harga negatif dari log [HCl] atau $14 - (-\log [NaOH])$, serta setengah $-\log K_w$ untuk air murni. Larutan HCl sebagai elektrolit kuat mengalami ionisasi sempurna menghasilkan ion H^+ dan ion Cl^- (semua partikelnya berupa ion dan tidak ada berupa molekul HCl dalam air). Jadi [ion H^+] = konsentrasi HCl yang dilarutkan. Hal yang sama juga terjadi pada larutan basa elektrolit kuat NaOH. Reaksi ionisasi larutan HCl dan NaOH dalam air sebagai berikut.



Gejala kelistrikan untuk [ion H^+] cukup sensitif yang mampu dibedakan dalam rasio 10 atau 0,1 kali [ion H^+] atau [ion OH^-] dengan rentang [ion H^+] atau [ion OH^-] dari 10^{-1} s.d. 10^{-6} . Harga pH 1 - 6 berbanding terbalik dengan variasi [HCl] konsentrasi larutan HCl dari 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} molar, sedangkan harga pH larutan basa dari 14 – 8 berbanding terbalik dengan variasi [ion NaOH] dari 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} molar. Harga pH ternyata sama dengan harga negatif log [ion H^+] yang lebih efisien dalam penyajian angka yang kecil. Dengan kajian yang sama, sesungguhnya juga didapat harga pOH sama dengan $-\log [ion OH^-]$.

Air murni yang bersifat netral (tidak asam atau tidak basa) memiliki pH = 7 yakni setengah lebar rentang skala keasaman/kebasaan dari 1 – 14 dan bahkan pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer harga pH dan pOH dapat dikonversi melalui persamaan $pH = 14 - pOH$. Ternyata persamaan tersebut berhubungan dengan harga tetapan kesetimbangan ionisasi diri air sebagai pelarut dalam larutan asam atau basa. Reaksi kesetimbangan ionisasi diri air adalah



Harga tetapan kesetimbangan pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer adalah 10^{-14} , sehingga $[H^+] = [OH^-] = \text{akar kuadrat dari } 10^{-14} = 10^{-7}$. Komposisi [ion H^+] dan [ion OH^-] dari larutan asam atau basa dalam air yang mengikuti sistem kesetimbangan ion-ion air

$K_w = [H^+] [OH^-] = 10^{-14}$ pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer memungkinkan menggabung skala keasaman dan kebasaan dalam sebuah skala pH 1 – 14. Dalam perhitungan pH, konsentrasi ion H^+ dari larutan asam secara praktis ditentukan oleh $[H^+]$ dari asam saja dan demikian juga konsentrasi ion OH^- dalam larutan basa sedcara praktis ditentukan oleh $[OH^-]$ dari basa saja, karena $[H^+]$ atau $[OH^-]$ dari air sangat kecil. Rancangan eksperimen skala pH dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan HCl dari 10^{-1} s.d. 10^{-6} , air murni dan variasi konsentrasi larutan NaOH dari 10^{-1} s.d. 10^{-6} M pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer mampu membangun konsepsi ilmiah skala pH larutan dalam air 1 – 14.

Kesimpulan

Rancangan eksperimen skala pH dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan HCl dari 10^{-1} s.d. 10^{-6} , air murni dan variasi konsentrasi larutan NaOH dari 10^{-1} s.d. 10^{-6} M pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer mampu membangun konsepsi ilmiah skala pH larutan dalam air 1 – 14 sebagai berikut (membenarkan rumusan hipotesis).

Pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, pH hasil pengukuran dengan pH meter dan/atau kertas indikator universal sama dengan $-\log [HCl] = -\log [H^+]$ untuk HCl (asam kuat monovalen) dan sama dengan $14 - (-\log [NaOH] = -\log [OH^-])$ untuk NaOH (basa kuat monovalen) serta pH 7 untuk air murni , karena HCl terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[ion H^+]$ yang sama dengan $[HCl]$ dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[ion OH^-]$ yang sama dengan $[NaOH]$ serta ion H^+ dan ion OH^- dari hasil ionisasi diri air murni memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$).

c. Tugas micro learning induktif skala pH

i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan 5M ilmiah induktif (dikumpul bersamaan dengan isian *worksheet* (lembar kerja) 5M sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran.

1). Isian kegiatan 5M dalam *worksheet*

2a). Buat rangkuman jenis pengetahuan dan keterkaitannya dalam bentuk isian tabel jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual akibat-sebab) sasaran serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis berikut.

Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p. Prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta-kognitif
	•.. •..						

b. Buat rangkuman deskriptif untuk kegiatan 5M ilmiah induktif

Rangkuman kegiatan *micro learning* dengan pendekatan ilmiah 5M induktif dengan mengikuti siklus belajar 5M sebagai berikut (deskripsi ringkas tujuan, hasil kegiatan setiap fase 5M ilmiah untuk mencapainya, dan rasional/kesesuaian temuan dengan kajian pustaka).

- ii. Tugas perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang konsep faktor yang memengaruhi laju reaksi) yang ada di dalam teks chapter (*sample problem* dan *follow up problem*) maupun pada akhir teks Chapter 18 dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2010), Principle of General Chemistry. Second Edition New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. atau sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

Sumber rujukan konten kimia

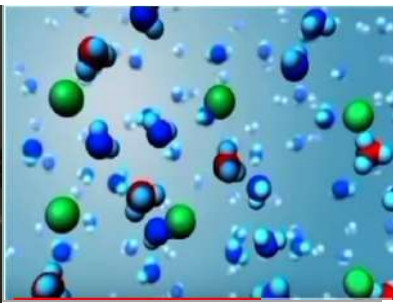
1. Silberberg, M.S. (2003). Chemistry The Molecular nature of Matter and Change. Third Edition. New York: McGraw-Hill Higher Education.
2. Silberberg, M.S. (2010). Principle of General Chemistry 2nd edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc
3. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
4. Chand, R., (2002). Chemistry. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
5. Sumber internet lainnya untuk kajian termokimia dan bagian-bagiannya seperti kalorimeter, termokimia, perubahan entalpi reaksi, energi ikatan, entropi, kespontanan reaksi kimia umum dan khusus redoks yang sangat berkembang untuk elektrokimia, hukum Hess, dan siklus Born-Haber.

B. Micro learning deduktif

MICRO LEARNING DEDUKTIF **SKALA KEASAMAN (pH) LARUTAN** **(SUBTOPIK INDIKATOR ASAM BASA)**



https://www.youtube.com/watch?v=wph0Uz_aSr0 –
strong electrolyte of NaCl solution



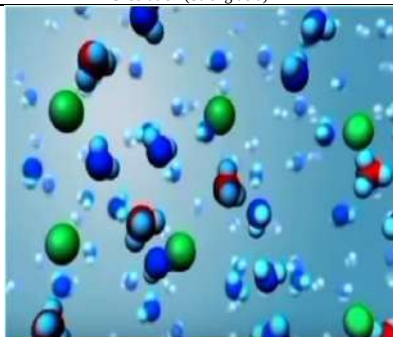
<https://www.youtube.com/watch?v=rKqYE5sZi1s>
HCl solution (Strong acid)



pH meter



Bromothymol blue in various pH
(<https://www.youtube.com/watch?v=OLX9QIUmxPE>)



<https://www.youtube.com/watch?v=rKqYE5sZi1s>
HCl solution (Strong acid)



Stick universal indicators

NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :

Naskah microlearning terdiri atas (a) lembar kerja, (b) informasi (teks) materi konstruksi konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

Tujuan Pembelajaran

mampu merumuskan hubungan konsentrasi asam kuat dan konsentrasi basa kuat dengan pH larutan (dengan pH meter dan kertas indikator universal) melalui eksperimen.

Fenomena

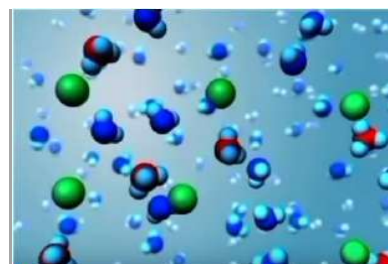
Konsentrasi (molaritas) suatu ion seperti ion H^+ atau OH^- dalam larutan dapat memengaruhi secara kuantitatif aliran listrik dalam bentuk kuat arus atau beda potensial yang besarnya dapat terbaca dalam skala alat ukur seperti yang diberdayakan dalam pH meter. Larutan asam dalam air mengandung ion H^+ , sedang larutan basa mengandung ion OH^- . Besar pH (tingkat/derajat keasaman) merupakan harga negatif log $[ion\ H^+]$, sedang $pOH = -\log [ion\ OH^-]$ dalam larutan. Larutan asam atau basa elektrolit kuat dalam air terionisasi sempurna. Larutan monovalen elektrolit kuat dengan konsentrasi tidak terlalu besar ($\leq 10^{-1}$ molar) seperti HCl akan mengandung $[ion\ H^+] = [HCl]$ yang dilarutkan atau NaOH akan mengandung $[ion\ OH^-] = [NaOH]$ yang dilarutkan (**video animasi ionisasi asam kuat**). Sementara air murni merupakan elektrolit lemah, karena mengalami ionisasi diri sebagian dalam kesetimbangan menghasilkan $[ion\ H^+]$ dan $[ion\ OH^-]$ atau harga K_w sebesar 10^{-14} pada suhu $25^\circ C$ dan tekanan satu atmosfer (**video animasi ionisasi diri air**). Air murni bersifat netral tidak bersifat asam maupun basa dengan harga $pH = 7$, karena $[ion\ H^+] = [ion\ OH^-] = 10^{-7}$.

Sementara indikator asam-basa visual seperti kertas lakmus, bromtimol biru, dan indikator alami sesungguhnya mengandung zat kimia yang juga dapat terionisasi sebagian (biasanya asam atau basa lemah) dengan harga kesetimbangan tertentu yang dapat mengalami pergeseran reaksi kesetimbangan ke arah reaktan atau produk dengan disertai perubahan warna bergantung pada besar konsentrasi ion H^+ atau OH^- (**animasi perubahan warna bromtimol biru**). Kertas indikator universal dibuat dalam bentuk *stick* untuk memudahkan penggunaannya. Indikator universal mengandung gabungan sejumlah indikator asam-basa visual yang mampu memperlihatkan warna yang berbeda dengan jangkauan lebih luas sesuai dengan rentangan skala pH dan memberi warna berbeda setiap

Dari dasar-dasar pengetahuan awal di atas, larutan dalam air dengan pH 1 s.d 6 dapat dibuat dengan larutan asam klorida yang terionisasi sempurna (elektrolit kuat) dari konsentrasi 0,100 M s.d. 10^{-6} M, air murni yang dipanaskan terlebih dahulu (untuk menghilangkan kemungkinan kandungan gas karbondioksida yang dapat membentuk asam karbonat sebagai pengotor) dan kemudian didinginkan hing $25^\circ C$ untuk mendapatkan pH =7, dan pH 8 s.d. 14 bisa dibuat dari larutan NaOH yang juga terionisasi sempurna (elektrolit kuat) dari konsentrasi 10^{-6} M s.d. 1,0 M. Total $[H^+]$ dari asam dan dari air untuk larutan HCl dalam perhitungan secara praktis sama dengan $[HCl]$. Demikian juga total $[OH^-]$ dari NaOH dan dari air untuk larutan NaOH untuk perhitungan pOH secara praktis sama dengan



https://www.youtube.com/watch?v=wph0Uz_aSr0 - strong electrolyte of NaCl solution



<https://www.youtube.com/watch?v=rKqYE5sZiIs> - HCl solution (Strong acid)

[NaOH]. Keberadaan $[H^+]$ dan sekaligus $[OH^-]$ dalam air mengikuti pergeseran kesetimbangan ionisasi diri air, sehingga skala keasaman dan kebasaan dapat digabung dalam satu skala yaitu skala pH. Harga pOH dapat diubah menjadi harga pH dengan rumus $pH = 14 - pOH$ pada suhu $25^\circ C$. Dengan penentuan pH variasi larutan sampel yang dirancang melalui pengukuran dengan pH meter yang diperiksa silang dari hasil penentuan pH dengan menggunakan indikator asam-basa kertas universal, skala pH 1 – 14 mestinya dapat dibuktikan (diverifikasi).

1. Mengamati

Berdasarkan fenomena yang telah diamati, informasi-informasi penting awal apa yang diperoleh (diamati) terkait percobaan mengkonfirmasi kebenaran derajat keasaman/kebasaan dengan pH 1 – 14 dalam air pada suhu $25^\circ C$.

Informasi faktual baru:	• • •
Pengetahuan/konsepsi ilmiah prasyarat:	• • •

Daftar informasi awal yang diharapkan

2. Menanya

Berdasarkan hal tersebut yang telah diamati, buatlah rumusan masalah klarifikasi (jika ada) dan masalah investigasi berkaitan dengan skala pH larutan dalam air!

Jawaban :

Pertanyaan klarifikasi (kejelasan informasi faktual awal dan [pengetahuan prasyarat]):

Pertanyaan investigatif (sebuah rumusan masalah yang akan dicari jawabannya melalui tahapan M3 dan M4):

3. Mengumpulkan data

a. Merumuskan hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah di atas, buatlah sebuah hipotesis atau satu kalimat jawaban sementara dari rumusan investigasi yang dibuat (dalam sebuah kalimat sebab-akibat lebih cocok untuk hipotesis deduktif)!

b. Merancang percobaan (pembuktian hipotesis)

Untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan, buatlah rancangan percobaan pembuktian hipotesis yang meliputi identifikasi variabel hipotesis, desain/rancangan pembuktian hipotesis, menentukan alat dan bahan, menyusun prosedur kerja/cara kerja, dan membuat format pencatatan data!

1) Variabel percobaan

Tabel 1. Jenis variabel (ini contoh, siswa diharapkan mengembangkan sendiri)

Hipotesis	Variabel Bebas (VB)	Variabel Terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)
[HCl] atau [NaOH] dalam larutan menentukan pH larutan	1. [HCl] atau [NaOH]	1. pH larutan	Suhu 25°C

2) Desain percobaan (pembuktian hipotesis)

Desain percobaan dibuat dengan memberikan variasi nilai/aspek variabel bebas (sampel dan perlakuan) dan menetapkan variasi nilai variabel terikat (hasil pengukuran/pengamatan akibat dari perlakuan) yang akan mengikuti variasi nilai variabel bebas.

Tabel 2. Desain pembuktian hipotesis (ini contoh)

Hipotesis	VB	VT		VK
	Asam kuat atau basa kuat	pH terbaca pada pH meter (video)	pH teridentifikasi dengan indikator universal (video)	Suhu
Besar [HCl] atau [NaOH] dalam larutan menentukan besar pH larutan	HCl 0,1 M			25°C
	HCl 0,01 M			
	HCl 0,001 M			
	HCl 0,0001 M			
	HCl 0,00001 M			
	HCl 0,000001 M			
	Aquades			
	NaOH 0,000001M			
	NaOH 0,00001M			
	NaOH 0,0001M			
	NaOH 0,0001M			
	NaOH 0,001M			
	NaOH 0,01M			
	NaOH 0,1M			

3) Alat dan bahan

Berdasarkan desain pembuktian Tabel 2 alat dan bahan yang diperlukan serta fungsinya sebagai berikut.

a) Alat dan fungsinya:

b) Bahan dan fungsinya:

4) Cara Kerja

Berdasarkan desain pembuktian Tabel 2 cara kerja (prosedur) pengambilan data eksperimen sebagai berikut.



<https://youtu.be/fwIvPrekCBc>

5) Format/Tabel hasil pengamatan

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan pembuktian hipotesis atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama, Tabel 2).

6) Pelaksanaan pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan sesuai dengan desain pembuktian hipotesis (Tabel 2) mengikuti prosedur/cara kerja di atas disajikan dalam. Data hasil pengamatan disajikan dalam format pencatatan data (Tabel 3).

Tabel 3 Data hasil eksperimen (contoh)

Hipotesis	VB	VT		VK
	Asam kuat atau basa kuat	pH terbaca pada pH meter (video)	pH teridentifikasi dengan indikator universal (video)	Suhu
[HCl] atau [NaOH] dalam larutan menentukan besar pH larutan	HCl 0,1 M			25°C
	HCl 0,01 M			
	HCl 0,001 M			
	HCl 0,0001 M			
	HCl 0,00001 M			
	HCl 0,000001 M			
	Aquades			
	NaOH 0,000001M			
	NaOH 0,00001M			
	NaOH 0,0001M			
	NaOH 0,0001M			
	NaOH 0,001M			
	NaOH 0,01M			
	NaOH 0,1M			

4. Mengasosiasi

Pada tahapan mengasosiasi, diharapkan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini melalui data yang telah diperoleh dalam tabel di bagian mengumpulkan data, serta dari mencermati ulasan materi pada *power point* di bagian mengasosiasi ataupun melalui sumber-sumber yang relevan, sehingga dapat menyimpulkan rumusan hipotesis yang dibuat dan mempersiapkan untuk dapat mempresentasikan hasil dengan baik! Rumusan hipotesis untuk dibuktikan “ harga negatif dari log [ion H^+] atau $14 - \log [OH^-]$ dalam larutan merupakan derajat keasaman atau kebasaaan atau pH dari larutan tersebut”.

Dari data hasil eksperimen dalam Tabel 3 yang diperoleh berdasarkan percobaan dapat dianalisis sebagai berikut (ini contoh, subjek belajar diharapkan mengembangkan sendiri agar lebih merasakan penemuan konsepsi ilmiah oleh diri sendiri).

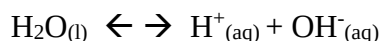
1) pH berkaitan dengan [ion H^+]. Mengapa [HCl] dan [NaOH] memengaruhi pH larutan?

Jawaban:

Konsentrasi ion H^+ atau OH^- dalam air

Penegasan kembali informasi awal dalam fenomena. Asam klorida dengan konsentrasi 0,100 M menunjukkan larutan elektrolit kuat sebagai indikator HCl terionisasi sempurna dalam air. Demikian juga NaOH dengan konsentrasi 0,100 M menunjukkan larutan elektrolit kuat sebagai indikasi NaOH mengalami ionisasi sempurna dalam air (boleh dilihat kembali [video animasi ionisasi elektrolit kuat](#), [video animasi ionisasi asam kuat](#)) dan air sendiri ([video animasi](#)) dalam fenomena pengantar. Persamaan ionisasi contoh-contoh jenis zat tersebut dalam air yang berhubungan dengan

kekuatan daya hantar listriknya sebagai berikut.



Air murni atau aquades bersifat netral (tidak asam atau basa/pahit) dan elektrolit lemah, karna mengandung konsentrasi ion H^+ dan $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ sama. Air hanya terionisasi sedikit menghasilkan ion H^+ dan OH^- . Kehadiran tambahan ion H^+ ke dalam air menyebabkan larutannya dalam air memperbesar konsentrasi ion H^+ sehingga larutan bersifat asam (air tidak netral lagi). Sebaliknya kehadiran tambahan ion OH^- ke dalam air menambah konsentrasi ion OH^- dalam air yang juga membuat air tidak netral lagi dan bersifat basa. pH larutan dalam air merupakan derajat atau skala kekuatan asam atau basa dalam air.

- 2) Bagaimanakah hubungan data konsentrasi larutan asam atau basa elektrolit kuat dalam air dengan pH larutan yang terukur?

Jawaban:

Dari sumber informasi ditemukan bahwa, pada suhu 25°C hasil kali antara $[\text{ion H}^+]$ dan $[\text{ion OH}^-]$ dari ionisasi air adalah 10^{-14} . Pada suhu tersebut total $-\log ([\text{H}^+] \times [\text{OH}^-])$ dalam larutan sama dengan 14. Dari data dalam Tabel 3 dapat dianalisis hubungan konsentrasi ion H^+ dan konsentrasi ion OH^- dengan keasaman (pH) larutan melalui pengolahan data dalam Tabel 4.

Tabel 4. Analisis hubungan $[\text{H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$ terhadap pH larutan

Hipotesis	VB		VT		VK
	Asam kuat atau basa kuat	$[\text{ion H}^+]$ atau $[\text{ion OH}^-]$	pH terbaca pada pH meter atau kertas universal	$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ $= 14 - \log [\text{OH}^-]$	Suhu
Besar $[\text{HCl}]$ atau $[\text{NaOH}]$ dalam larutan menentukan besar pH larutan	HCl 0,1 M				25°C
	HCl 0,01 M				
	HCl 0,001 M				
	HCl 0,0001 M				
	HCl 0,00001 M				
	HCl 0,000001 M				
	Aquades				
	NaOH 0,000001M				
	NaOH 0,00001M				
	NaOH 0,0001M				
	NaOH 0,0001M				
	NaOH 0,001M				
	NaOH 0,01M				
	NaOH 0,1M				

Hasil perhitung konsentrasi asam kuat HCl dan basa kuat NaOH dengan pH larutan menunjukkan kecocokan yang tinggi. pH larutan secara matematika cukup ditentukan oleh konsentrasi larutan HCl atau NaOH saja.

- 3) Mengapa [ion H^+] atau [ion OH^-] dari ionisasi air terabaikan dalam menentukan pH larutan asam kuat maupun basa kuat (ingat hasil $[H^+] \times [OH^-]$ dalam air pada suhu $25^\circ C$ tetap sebesar 10^{-14})?

Jawaban:

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan tersebut, apa kesimpulan yang Anda dapatkan terkait dengan rumusan hipotesis yang diajukan di depan?

Simpulan yang diharapkan:

(pilih: hipotesis diterima/ditolak)

5. Mengkomunikasikan

Setelah lembar kerja diisi lengkap, dapat dibuat presentasi kerja ilmiah yang dilakukan seperti contoh presentasi yang disajikan dalam bentuk tautan [PPT](#) ini. Komunikasi proses dan temuan belajar dapat juga disajikan dalam bentuk dokumen laporan, poster, artikel ilmiah, makalah, atau bentuk komunikasi lain. Materi presentasi terutama berisi rangkuman langkah-langkah kerja ilmiah dan temuannya. Jangan lupa menjawab soal-soal penguasaan konsep atau pengayaan terkait (baik dalam LKPD atau sumber lain yang ditemukan) terkait dengan temuan Anda.

b. Informasi deduksi konsepsi ilmiah skala pH (juga bisa buka [PPT Guru](#))

Fenomena (lihat lembar kerja)

Sejumlah informasi/pengetahuan awal dalam pembuktian skala pH diperoleh dari paragraf fenomena pengantar dan sumber lain. Informasi awal sebagai berikut. (1) Besar pH (tingkat/derajat keasaman) merupakan harga negatif log [ion H^+], sedang $pOH = -\log [ion OH^-]$ dalam larutan. (2) Dalam air, larutan monovalen $\leq 0,10$ M elektrolit kuat mengandung [ion H^+] = [asam] untuk HCl atau mengandung [ion OH^-] = [basa] untuk NaOH. (3) Besar [ion H^+] = [ion OH^-] untuk air murni, sedangkan [ion H^+] larutan HCl secara praktis sama dengan [HCl] dan [ion OH^-] larutan NaOH secara praktis sama dengan [NaOH]. (4) Besar [H^+] dan [OH^-] larutan dalam air dengan kehadiran asam atau basa mengikuti pergeseran kesetimbangan ionisasi diri air dengan harga K_w sebesar 10^{-14} pada suhu $25^\circ C$ dan tekanan 1 atmosfer, sehingga skala pH merentang dari 1 – 14 yakni dari sangat asam ($pH = 1$) menuju netral ($pH = 7$) dan kemudian menuju sangat basa ($pH = 14$).

Sejumlah informasi hasil pengamatan awal di atas mengarahkan pada rumusan masalah investigasi deduktif yang perlu dijawab yakni “bagaimana membuktikan (menunjukkan/memverifikasi) skala keasaman/kebasaan (skala pH) larutan dalam air 1 - 14? Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban rumusan masalah investigasi di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab-akibat (sebuah kalimat aktif akan optimal mendukung penalaran deduktif). Dengan menyimak informasi awal yang didapat, rumusan hipotesis untuk rumusan masalah investigasi tersebut adalah “pada suhu $25^\circ C$ dan tekanan 1 atmosfer, larutan HCl yang terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H^+] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion OH^-] sama dengan [NaOH] serta ion H^+ dan ion OH^- dari hasil ionisasi diri aquades memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$) memberikan pH sebesar $-\log [H^+] = -\log [HCl]$ untuk larutan HCl dan $14 - (-\log [NaOH])$ untuk larutan NaOH serta pH 7 untuk air murni”.

Rancangan eksperimen (pembuktian hipotesis) diawali dengan mengidentifikasi variabel bebas (VB), variabel terikat (VT), dan variabel kontrol (VK) dari rumusan hipotesis. Tahapan selanjutnya menentukan variasi nilai variabel bebas sebagai sampel eksperimen untuk diamati variasi akibatnya (VT), dan faktor lain yang mungkin berpengaruh dikontrol/dikendalikan (seperti dengan membuatnya sama) agar tidak memberi efek perbedaan pada variasi nilai VT. Rumusan hipotesis di atas melibatkan konsentrasi asam (HCl) atau ion H^+ , ion H^+ dan OH^- air murni, dan konsentrasi basa (NaOH) atau ion OH^- dari basa sebagai VB, pH larutan sebagai VT, dan sampel berupa asam dan basa elektrolit kuat monovalen serta air murni pada suhu $25^\circ C$ dan tekanan 1 atmosfer sebagai VK. Rancangan eksperimen perlu dibuat dalam bentuk tabel. Tabel tersebut akan mengarahkan kepada format pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Tabel rancangan eksperimen disajikan dalam Tabel 3.1.b.1.

Tabel 3.1.b.1. Rancangan pembuktian hipotesis

Hipotesis	VB			VT		VK
	Asam/ basa elektrolit kuat	[asam] atau [basa]	[H ⁺] atau [OH ⁻] hasil ionisasi	pH larutan terukur terukur (pH meter dan /atau kertas universal)	-log[H ⁺] atau 14 – log [OH ⁻]	
Pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, larutan HCl yang terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H⁺] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion OH⁻] yang sama dengan [NaOH], serta ion H⁺ dan ion OH⁻ yang sama dari hasil ionisasi diri air murni dengan konsentrasi sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga Kw = 10⁻¹⁴) memberikan pH sebesar -log [H⁺] = -log [HCl] untuk larutan HCl dan 14- (-log [NaOH]) untuk larutan NaOH serta pH 7 untuk air murni.	Asam klorida	0.100 M	0.10 M ion H ⁺			- Asam monovalen elektrolit kuat - Basa monovalen elektrolit kuat - Suhu 25°C & tekanan 1 atm - Konsentrasi asam atau basa dari 0,100 s.d. 1x 10⁻⁶ M
		0.01 M	0.01 M ion H ⁺			
		10 ⁻³ M	10 ⁻³ M ion H ⁺			
		10 ⁻⁴ M	10 ⁻⁴ M ion H ⁺			
		10 ⁻⁵ M	10 ⁻⁵ M ion H ⁺			
		10 ⁻⁶ M	10 ⁻⁶ M ion H ⁺			
	Aguades	murni	10 ⁻⁷ M ion H ⁺ dan juga 10 ⁻⁷ M ion OH ⁻			
	Natrium hidroksida	10 ⁻⁶ M	10 ⁻⁶ M ion [OH ⁻]			
		10 ⁻⁵ M	10 ⁻⁵ M ion [OH ⁻]			
		10 ⁻⁴ M	10 ⁻⁴ M ion [OH ⁻]			
		10 ⁻³ M	10 ⁻³ M ion [OH ⁻]			
		0.01 M	10 ⁻² M ion [OH ⁻]			
		0.100 M	0.100 M ion [OH ⁻]			
		1.00 M	1.,00 M ion [OH ⁻]			

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut.

Alat	Bahan
- pH meter dan/atau kertas indikator asam-basa universal 14 labur erlenmeyer 100 mL yang tertutup 2 buah labu ukur 50 mL - Pipet gondok 5 mL - termometer	- total masing-masing 50 mL 0,100 M larutan HCl dan larutan NaOH (dari hipotesis 1) untuk standarisasi dan pembuatan larutan yang lebih encer. 50 mL larutan 0,100 M HCl yang sudah distandarisasi yang secara berkelanjutan digunakan membuat variasi 50 mL konsentrasi larutan HCl dari 0,01 s.d. 0,000001 M 50 mL larutan 0,100 M NaOH baru dibuat dan sudah distandarisasi - Aguades yang akan

Prosedur pelaksanaan dan pencatatan data eksperimen melibatkan penyediaan air murni, persiapan 100 mL larutan 0,100 M larutan NaOH yang segar (baru dibuat) dan dipastikan dengan teliti konsentrasinya melalui standarisasi dengan larutan standar primer, 100 larutan 0,100 M larutan HCl yang juga distandarisasi. Selanjutnya melibatkan kegiatan utama sebagai berikut (<https://youtu.be/fwIvPrekCBc>). (i) Menyediakan 50 mL larutan HCl dengan konsentrasi bervariasi 0,100 M dan 10⁻² s.d. 1 x 10⁻⁶ M melalui pengenceran larutan standar HCl, 50 mL air murni, dan 50 mL larutan

NaOH 0,100 M dan 1×10^{-2} s.d. 1×10^{-6} M dengan mengencerkan larutan standar 0,100 M NaOH. (ii) Menguji pH setiap larutan dengan indikator asam-basa kertas universal dan juga diukur dengan pH meter untuk memastikan harga pH yang terukur. (iii) Air murni dengan suhu sama (25°C) disiapkan dari pendinginan air murni yang telah dipanaskan (untuk menghilangkan asam karbonat yang terbentuk dari CO₂ dari udara yang larut). (iv) Hasil pengukuran pH dari semua sampel (13 buah sampel) dicatat.

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama). Dengan pertimbangan efisiensi penulisan dokumen *micro learning* ini, tabel pencatatan data yang sekaligus sudah diisi dengan catatan data hasil eksperimen (akhir M3) dan tabel pengolahan data (awal M4) disajikan bersamaan (digabung) dalam Tabel 3.1.b.2.

Tabel 3.1. b.2. Data hasil eksperimen dan pengolahannya

Hipotesis	VB			VT		VK
	Asam/ basa kuat	[asam] atau [basa]	[H ⁺] atau [OH ⁻] hasil ionisasi	pH larutan terukur terukur (pH meter dan /atau kertas universal)	-log[H ⁺] atau 14 – log [OH ⁻]	
Pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, larutan HCl yang terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H ⁺] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion OH ⁻] sama dengan [NaOH] serta ion H ⁺ dan ion OH ⁻ dari hasil ionisasi diri air murni memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$) memberikan pH sebesar – log [H ⁺] = -log [HCl] untuk larutan HCl dan 14 - (-log [NaOH]) untuk larutan NaOH serta pH 7 untuk air murni	Asam klorida	0.100 M	0.10 M ion H ⁺	1	1	• Suhu 25°C & tekanan 1 atm • Konsentrasi larutan asam dan basa tidak terlalu pekat
		0.01 M	0.01 M ion H ⁺	2	2	
		10 ⁻³ M	10 ⁻³ M ion H ⁺	3	3	
		10 ⁻⁴ M	10 ⁻⁴ M ion H ⁺	4	4	
		10 ⁻⁵ M	10 ⁻⁵ M ion H ⁺	5	5	
		10 ⁻⁶ M	10 ⁻⁶ M ion H ⁺	6	6	
	Aguades	murni	10 ⁻⁷ M ion H ⁺ dan juga 10 ⁻⁷ M ion OH ⁻	7	7	
	Natrium hidroksida	10 ⁻⁶ M	10 ⁻⁶ M ion [OH ⁻]	8	8	
		10 ⁻⁵ M	10 ⁻⁵ M ion [OH ⁻]	9	9	
		10 ⁻⁴ M	10 ⁻⁴ M ion [OH ⁻]	10	10	
		10 ⁻³ M	10 ⁻³ M ion [OH ⁻]	11	11	
		0.01 M	10 ⁻² M ion [OH ⁻]	12	12	
		0.100 M	0.100 M ion [OH ⁻]	13	13	
		1.00 M	1.,00 M ion [OH ⁻]	14	14	

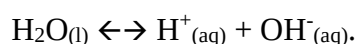
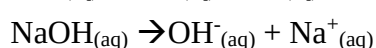
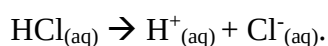
Interpretasi hasil pengolahan data dalam tabel di atas adalah variasi [ion H⁺] = [HCl], air murni, dan variasi [ion OH⁻] = [NaOH] bersesuaian dengan harga pH terukur yakni (i) larutan HCl 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶ M secara berurutan memiliki pH adalah 1, 2, 3,

4, 5, dan 6, (ii) air murni memiliki 7, dan (iii) larutan NaOH 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , dan 10^0 secara berurutan memiliki pH 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14.

Pembahasan

Larutan elektrolit kuat mengalami ionisasi sempurna. Larutan asam merupakan larutan elektrolit yang mengandung ion H^+ dari ionisasi molekul asam. Larutan basa juga merupakan larutan elektrolit, tetapi mengandung ion OH^- dari ionisasi zat yang larut. Air murni sebagai pelarut zat asam atau basa merupakan suatu sistem kesetimbangan ion (ionisasi diri) sebagai elektrolit lemah yang sekaligus menghasilkan ion H^+ dan OH^- dengan harga hasil kali $[ion\ H^+] \times [OH^-]$ atau K_w sebesar 10^{-14} pada suhu $25^\circ C$ tekanan 1 atmosfer. Kehadiran $[ion\ H^+]$ dan $[OH^-]$ yang sama dalam air murni saling menghilangkan sifat keasaman dan kebasaan, sehingga air bersifat netral (tidak asam dan juga tidak basa). Kehadiran asam atau basa lain dalam air memberikan efek pergeseran kesetimbangan ion-ion air (H^+ dan OH^-) dari pengaruh ion senama dalam kesetimbangan ionisasi diri air dengan harga K_w tetap pada suhu yang sama. Besar harga $[ion\ H^+]$ atau $[OH^-]$ dari 10^{-1} hingga 10^{-7} molar ternyata menghasilkan pengetahuan sistematis berupa skala pH ($= -\log [H^+]$) dari 1-14 yang banyak manfaat pada reaksi kimia atau peristiwa kebutuhan hidup dalam air terkait dengan kehadiran ion H^+ dan ion OH^- . Penggunaan besaran negatif dari harga log dapat lebih efisien mengkomunikasikan angka yang kecil dari 10^{-1} s.d. 10^{-7} .

Larutan HCl dalam air merupakan elektrolit kuat dengan konsentrasi $\leq 10^{-1}$ M terionisasi sempurna menghasilkan $[H^+]$ yang sama dengan $[HCl]$ yang dilarutkan. Demikian juga larutan NaOH dalam air merupakan elektrolit kuat dengan konsentrasi $\leq 10^{-1}$ M terionisasi sempurna menghasilkan $[OH^-] = [NaOH]$ yang dilarutkan. Reaksi ionisasi larutan HCl dan NaOH dalam air serta ionisasi diri air sebagai berikut.



Dengan memertimbangkan konsentrasi ion H^+ dan ion OH^- dari air sangat kecil, maka kehadiran asam atau basa elektrolit kuat dengan konsentrasi $\geq 10^{-6}$ molar secara praktis dalam perhitungan pH ($-\log [H^+]$) atau perhitung pOH ($-\log [OH^-]$) cukup hanya memperhitungkan $[H^+]$ dari asam atau $[OH^-]$ dari basa elektrolit kuat. Kombinasi variasi sampel larutan HCl 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} M, air murni, larutan NaOH 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , dan 10^0 semestinya dapat menunjukkan skala pH dari 1 s.d. 14.

Data hasil eksperimen yang diukur dengan kombinasi pH meter dan kertas indikator asam-basa kertas universal serta pengolahannya (Tabel 3.1.2b) sesuai dengan rancangan pembuktian hipotesis deduktif yang membenarkan kajian pengetahuan (teori) deduktif di atas tentang skala pH 1-14 tersebut. Larutan HCl dengan molaritas 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} M secara berurutan memiliki $[H^+] = [HCl]$ yang dilarutkan atau memiliki pH secara berurutan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Air murni memiliki $[H^+] = [OH^-]$ atau memiliki pH = 7 pada suhu $25^\circ C$. Larutan NaOH dengan molaritas 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , dan 10^{-1} M secara berurutan memiliki $[OH^-] = [NaOH]$ yang dilarutkan atau memiliki pOH secara berurutan 6, 5, 4, 3, 2, dan 1 atau pH secara berurutan 8, 9, 10, 11, 12, dan 13.

Kesimpulan

Rancangan eksperimen skala pH dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan HCl dari 10^{-1} s.d. 10^{-6} , air murni dan variasi konsentrasi larutan NaOH dari 10^{-1} s.d. 10^{-6} M pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer mampu membuktikan kebenaran konsepsi ilmiah skala pH larutan dalam air 1 – 14 yang dirumuskan dalam hipotesis.

Pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, larutan HCl yang terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion H^{+}] yang sama dengan [HCl] dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan [ion OH^{-}] sama dengan [NaOH] serta ion H^{+} dan ion OH^{-} dari hasil ionisasi diri air murni memiliki konsentrasi yang sama sebesar akar kuadrat dari harga kesetimbangan ionisasi diri air (dengan harga $K_w = 10^{-14}$) memberikan pH sebesar $-\log [\text{H}^{+}] = -\log [\text{HCl}]$ untuk larutan HCl dan $14 - (-\log [\text{NaOH}])$ untuk larutan NaOH serta pH 7 untuk air murni.

c. Tugas micro learning deduktif skala pH

- i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan 5M ilmiah deduktif (dikumpul bersamaan dengan isian *worksheet* (lembar kerja) 5M sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran.

- 1). Isian kegiatan 5M dalam *worksheet*

- 2a). Buat rangkuman jenis pengetahuan dan keterkaitannya dalam bentuk isian tabel jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual sebab-akibat) yang disasar serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis berikut.

Hipotesis	Pengetahu an faktual	Prosedur ilmiah (p. Prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta- kognitif

- b. Buat rangkuman deskriptif untuk kegiatan 5M ilmiah deduktif

Rangkuman kegiatan *micro learning* dengan pendekatan ilmiah 5M deduktif dengan mengikuti siklus belajar 5M sebagai berikut (deskripsi ringkas tujuan, hasil kegiatan setiap fase 5M ilmiah untuk mencapainya, dan rasional/kesesuaian temuan dengan kajian pustaka).

- ii. Tugas perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang konsep faktor yang memengaruhi laju reaksi) yang ada dalam chapter (*sample problem* dan *follow up problem*) maupun pada akhir dalam Chapter 18 dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2010), Principle of General Chemistry. Second Edition New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. atau sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

C. Tes formatif *micro learning* skala pH

Soal pilihan dapat diprogramkan secara efektif dan efisien melalui daring

Pilih satu jawaban yang paling benar dan lengkap!

1. Informasi berikut mengarahkan pada rumusan masalah investigatif tentang skala pH, KECUALI ...
 - A. Larutan 0,01 M dari senyawa ion NaOH terionisasi sebagian dalam air dan menghantarkan listrik lemah
 - B. Larutan 0,01 M HCl dari senyawa molekuler terionisasi sempurna dalam air yang menghantarkan listrik sangat kuat
 - C. Pada suhu 25°C, $[H^+] \times [OH^-]$ adalah 10^{-14}
 - D. Larutan dengan $pH < 7$ bersifat asam
 - E. Larutan dengan $pH > 7$ bersifat basa
2. Pertanyaan investigatif menuju konsepsi ilmiah sebab dan akibat tentang skala pH adalah ...
 - A. Bagaimana variasi konsentrasi HCl dalam air membangun keseluruhan skala pH 1-14?
 - B. Bagaimana variasi konsentrasi NaOH dalam air membangun keseluruhan skala pH 1-14?
 - C. Bagaimana aquades (air murni) dapat membangun keseluruhan skala pH 1-14?
 - D. Bagaimana variasi konsentrasi elektrolit membangun keseluruhan skala pH 1-14?
 - E. Bagaimana variasi konsentrasi HCl dan konsentrasi NaOH dalam air dapat membangun skala pH 1-14?
3. Berikut adalah kegiatan atau hasil aspek-aspek kegiatan pengumpulan data dalam konstruksi konsepsi ilmiah skala pH larutan. Pernyataan yang benar adalah ...
 - A. Rumusan hipotesis “variasi konsentrasi dalam air dari asam kuat, basa kuat, dan aquades sendiri dapat membangun skala pH 1-14.
 - B. Larutan elektrolit kuat mulai dari konsentrasi 0,10 molar menuju yang lebih encer dapat membangun skala pH dari 1 hingga 14.
 - C. Batas konsentrasi dari 0,10 hingga 10^{-6} molar untuk larutan HCl maupun NaOH merupakan variabel bebas
 - D. Variasi konsentrasi dari 0,10 hingga 10^{-6} molar untuk larutan HCl maupun NaOH merupakan variasi nilai variabel terikat
 - E. Semua rumusan benar.

4. Kegiatan atau hasil kegiatan mengasosiasi data eksperimen menuju konfirmasi kebenaran konsepsi ilmiah tentang skala pH yang benar adalah ...
 - A. larutan dalam air dari senyawa molekuler HCl 0,01 M dan yang lebih encer hanya sebagian dalam bentuk ion-ionnya.
 - B. larutan NaOH 0,10 M dalam air tidak mengandung ion H^+ , sehingga tidak bisa dinyatakan dalam skala keasaman.
 - C. pada suhu 25°C, larutan NaOH 0,001 molar dalam air mengandung ion H^+ sebanyak 10^{-11} molar dan memiliki pH 11.
 - D. reaksi kesetimbangan ionisasi diri air menyebabkan larutan dalam air selalu mengandung ion H^+ dan ion OH^- , sehingga bersifat netral (tidak asam/basa)
 - E. larutan HCl 10^{-9} molar dalam air memiliki pH 9.
5. Pernyataan aspek kegiatan dan/atau hasil kegiatan ilmiah yang perlu ada dalam mengkomunikasikan hasil belajar tentang skala pH dengan pendekatan ilmiah, KECUALI ...
 - A. hasil dari eksperimen yang tidak mendukung kebenaran rumusan hipotesis skala pH tidak perlu dikomunikasikan lanjut dalam belajar secara ilmiah.
 - B. informasi awal utama untuk membangun konsepsi ilmiah skala pH di bagian awal topik asam basa adalah contoh asam dan basa yang tergolong elektrolit kuat
 - C. berisi rumusan masalah investigatif atau rumusan hipotesis atau rumusan pengetahuan konseptual sebab-akibat sasaran.
 - D. dokumen kegiatan pengumpulan data utama yang berupa gambar dan/atau foto, video, tabel, atau informasi lain diperlukan menjamin kebenaran data.
 - E. penyajian hubungan variasi $[ion\ H^+]$ atau $[OH^-]$ dari konsentrasi asam dan basa kuat dengan rentang 0,10 s.d. 10^{-6} molar dengan pH yang terukur.

Sumber Rujukan

1. Silberberg, M.S. (2003). Chemistry The Molecular nature of Matter and Change. Third Edition. New York: McGraw-Hill Higher Education.
2. Silberberg, M.S. (2010). Principle of General Chemistry 2nd edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc
3. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
4. Chand, R., (2002). Chemistry. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
5. Sumber internet lainnya untuk kajian termokimia dan bagian-bagiannya seperti kalorimeter, termokimia, perubahan entalpi reaksi, energi ikatan, entropi, kespontanan reaksi kimia umum dan khusus redoks yang sangat berkembang untuk elektrokimia, hukum Hess, dan siklus Born-Haber.

4.2.2 Sepasang *micro learning* induktif dan deduktif faktor yang memengaruhi laju reaksi berbantuan video eksperimen

A. *Micro learning* induktif

MICRO LEARNING INDUKTIF

FAKTOR-FAKTOR MEMENGARUHI LAJU REAKSI

(SUBTOPIK SIFAT LAJU REAKSI)



Pengaruh luas permukaan



Pengaruh suhu



Pengaruh konsentrasi



Pengaruh katalis

NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :

Naskah *micro learning* terdiri atas (a) lembar kerja, (b) informasi (teks) materi konstruksi konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

Tujuan pengetahuan dan keterampilan ilmiah:

mampu menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi melalui eksperimen.

a. Lembar kerja

Fenomena

Suatu reaksi (reaksi yang sama) bisa terjadi dalam kondisi yang berbeda. (i) Reaksi pembentukan gas karbondioksida lebih cepat terbentuk dari bubuk batu kapur dibanding dari bongkahan batu kapur (luas permukaan berbeda untuk terjadi tempat tumbukan antar partikel reaktan) jika direaksikan dengan asam klorida. (ii) Pelepasan gas karbon dioksida dari soda kue dalam pembuatan roti jika dipanaskan atau reaksi antara asam sitrat dan natrium bikarbonat dalam air dingin dan air hangat. (iii) Paku besi atau seng lebih cepat habis (korosi) dalam larutan HCl yang lebih pekat. Reaksi antara 0,10 M HCl dengan natrium tiosulfat 0.135 M lebih cepat dibanding dengan natrium tiosulfat 0.075M. (iv) Penguraian larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi gas oksigen lebih cepat dalam kehadiran serbuk mangan dioksida. Gejala nomor (ii) dan (iii) di laboratorium sering dipelajari dengan menggunakan contoh reaksi antara larutan natrium tiosulfat dan larutan asam klorida dengan mengukur lama waktu mulai awal hingga saat terjadinya warna tanda silang yang dibuat di bawah wadah tempat sistem reaksi tidak terlihat lagi (tertutup oleh tingkat kekeruhan tertentu dari belerang sebagai hasil reaksi saat terdispersi sebagai koloid sol). Pada saat demikian konsentrasi belerang sebagai produk besarnya tertentu (sama, tetapi waktu pencapaiannya berbeda) pada kondisi konsentrasi atau suhu yang berbeda untuk sistem reaksi tersebut. Makin cepat tanda silang tidak terlihat lagi, laju reaksi semakin cepat. Kajian yang sama juga dapat ditunjukkan dengan reaksi antara larutan KI dan larutan H_2O_2 dalam suasana asam dengan kehadiran sejumlah tertentu natrium tiosulfat dan beberapa tetes amilum sebagai indikator (variasi waktu yang diperlukan sampel hingga mencapai warna biru menunjukkan variasi laju reaksi yang mengikuti variasi sampel).

1. Mengamati (M1)

Informasi latar munculnya konsepsi ilmiah tentang pengaruh faktor-faktor (konsentrasi, luas permukaan, suhu dan katalis) terhadap laju reaksi dalam fenomena atau pengalaman di sekitar sebagai berikut (diisi).



<https://youtu.be/BWN8xVuzuFI>



<https://youtu.be/oeM6hKm6Td4>



<https://youtu.be/r4IZDPpN-bk>



<https://youtu.be/kV0BqG0On9E>

• ..	• ..
• ...	• ...
• ..	• ..
• ...	• ...

2. Menanya (M2)

Pertanyaan berupa peratanya klarifikasi informasi dan rumusan masalah investigasi sebagai berikut (diisi).

a). Pertanyaan klarifikasi:

b). Rumusan masalah investigasi:

3. Mengumpulkan data (M3)

Jawaban terhadap rumusan masalah investigasi diperoleh melalui beberapa langkah.

a). Rumusan hipotesis dari rumusan masalah investigasi terdiri dari (terutama dalam bentuk sebuah kalimat pasif (akibat-sebab) untuk induktif sebagai berikut.

b). Variabel bebas, terikat, dan kontrol dari setiap hipotesis di atas disajikan dalam tabel contoh berikut (diisi dan bentuk tabel bisa diubah sesuai kepentingan). Jumlah baris bisa ditambah jika ada suatu hipotesis yang berupa variabel bebas dan/atau variabel terikat ganda (multi variabel bebas).

Hipotesis	V. bebas	V. terikat	V. kontrol
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan raktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks terkativasi intermediat).	...	...	...
	...	...	...
	...	...	...

c). *Rancangan pembuktian hipotesis* berupa pemberian variasi nilai (sampel variabel bebas), perkiraan variasi nilai variabel terikat (variasi efek dari akibat variasi perlakuan atau sampel variabel bebas), variabel lain yang mungkin berpengaruh dibuat sama agar tidak berpengaruh (sebagai variabel kontrol). Setiap variabel bebas (VB) maupun variabel terikat (VT) masih bisa dipecah menjadi beberapa

VB atau VT yang lebih khusus jika hipotesisnya multivariat (lebih dari satu variabel bebas/terikat) sesuai dengan bunyi hipotesis.

Rancangan percobaan (pembuktian hipotesis)*

Variasi nilai VB (faktor)	Variasi nilai VT	VK
pengaruh luas permukaan:		Konsentrasi sama, suhu tetap, tanpa katalis
pengaruh suhu (VB):		Luas permukaan sama (sama-sama larutan), konsentrasi sama, tanpa katalis
pengaruh konsentrasi:		suhu tetap dan tanpa katalis
pengaruh katalis		suhu dan konsentrasi sama

* Bentuk tabel bisa diubah, misalnya keempat VB dibuat dalam bentuk kolom ke samping.

d). Alat dan bahan yang diperlukan untuk mengumpulkan data setiap hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

Bahan		Alat	
Nama	Spesifikasi & kuantitas	Nama	Spesifikasi dan jumlah

e). Cara kerja pengumpulan data

1) Cara kerja mendapatkan data untuk pembuktian hipotesis 1 dengan 4 buah VB:

i) Pengaruh luas permukaan

-



<https://youtu.be/REESHbjXPg>
<https://youtu.be/BWN8xVuzuFI>

ii) Pengaruh suhu

-
-
-
-
-
-



<https://youtu.be/GcRnhyuagp4>

iii) Pengaruh konsentrasi

-
-
-
-
-
-
-
-
-



https://youtu.be/2wwd3_6lILk

iv) Pengaruh katalis

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-



<https://youtu.be/HzGXGh1RiHM>

f). Tabel pencatatan data (boleh sama dengan tabel rancangan pembuktian hipotesis atau bisa disederhanakan atau ditambah/dikembangkan jika dianggap perlu).

g). Pelaksanaan pengumpulan data dan mencatat data yang diperoleh dalam tabel pencatatan data yang telah dirancang (data primer dan/atau sekunder).

Catatan, rancangan kegiatan ini memprioritaskan penggunaan data primer. Namun jika pengambilan data primer tidak dimungkinkan dan/atau ketersediaan alokasi waktu tatap muka sangat terbatas, penggunaan data eksperimen tidak langsung (*secondary*) dimungkinkan (studi dokumen). Langkah penentuan alat dan bahan, cara kerja, dan pelaksanaan pengumpulan data sekunder dalam M3 bisa diprediksi seperti dengan cara kerja jika Anda mengambil data tersebut langsung (nanti disempurnakan disesuaikan dengan yang digunakan penulisnya ketika pelaksanaan pengumpulan data). Tabel data pembuktian hipotesis bisa diisi langsung dengan data yang diperoleh dari sumber pustaka atau hasil kerja orang lain, namun kutipan terhadap sumber harus dituliskan.

Contoh data hasil eksperimen faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi

pembentukan sejumlah tertentu produk gas CO_2 . Laju reaksi sebanding dengan harga $1/t$. Untuk membandingkan laju reaksi dapat dilakukan dengan membandingkan kebalikan dari lama waktu untuk menghasilkan molaritas produk yang sama seperti dalam tabel berikut.

Hipotesis	Variabel Kontrol	Perlakuan (Variabel Bebas)	VB: waktu hingga ciri kuantitas tertentu diamati	
			t	1/t
	$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{CaCl}_{2(aq)}$	1 gram bongkahan + 50 mL 0,2 M HCl		
		1 gram serbuk + 50 mL 0,2 M HCl		
	[$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$] dan [HCl] tetap	27°C 25 mL 0,15M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 27°C 5 mL 0,75 M HCl + 20 mL aquades dengan total volume 50 mL atau 50 mL campuran yang mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan 0,075 M HCl		
		37°C campuran larutan yang mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan 0,75 M HCl		
	[HCl] tetap 5 mL 0,75 M dengan total volume campuran 50 mL = 0,075 M	+ 45 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 0 mL aquades (dengan volum total campuran reaksi 50 mL) = 0,135M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		+ 35 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 10 mL aquades = 0,105M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		+ 25 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 20 mL aquades = 0,075M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		+ 15 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 30 mL aquades = 0,045M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		+ 5 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 40 mL aquades = 0,015M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
	Dalam total volum campuran reaksi 30 mL: 10 mL KI 0,20M (= 0,067 M) + 5 mL 1,00 M HCl (=0,167M) dan 5 mL 0,10 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,5 mmol)	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M		
		10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M		
		10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M		
		10 mL 0,15 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M		
		10 mL 0,1 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M		
	$\text{O}_{2(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$	5 ml 2 M $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$ 25°C tanpa kehadiran katalis		
		5 ml 2 M $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$ 25°C dengan kehadiran $\text{FeCl}_{2(aq)}$		
		5 ml 2 M $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$ 25°C dengan kehadiran $\text{MnO}^{2(s)}$		

4. Kegiatan mengasosiasi (M4) meliputi pengolahan, analisis data, dan membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis.

a). Pengolahan dan analisis data

-

-

Interpretasi:

b). Pembahasan (usahakan satu paragraf untuk satu hipotesis)

.....

c) Simpulan:

.....
 (hipotesis diterima/ditolak).

5. Mengkomunikasi (M5): Kami menyajikan hasil kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah dalam forum (misalnya: diskusi/ presentasi/majalah/seminar ini – pilih sesuai dengan yang akan dilakukan) dalam bentuk sebagai berikut.

b. Informasi materi konsepsi ilmiah tentang faktor memengaruhi laju reaksi

Fenomena

Pengetahuan prasyarat dan informasi awal dalam paragraf fenomena cukup memberikan informasi awal sebagai berikut. Pengetahuan prasyarat minimal molaritas larutan, laju reaksi berbanding terbalik dengan waktu reaksi (laju reaksi $\sim 1/t$), membaca dan membuat grafik konsentrasi terhadap waktu reaksi dari data hasil eksperimen. Fenomena memberikan beberapa kelompok informasi awal berupa faktor-faktor yang dapat memengaruhi laju reaksi yakni luas permukaan kontak, suhu, konsentrasi reaktan dan katalis. Dari informasi awal yang didapat dimungkinkan untuk melahirkan rumusan masalah investigasi yakni bagaimana pengaruh luas permukaan, suhu, dan konsentrasi, serta katalis terhadap laju reaksi?

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban rumusan masalah di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis untuk setiap rumusan masalah investigasi dalam bentuk pengetahuan konseptual akibat-sebab (induktif) atau menggunakan kalimat pasif sesuai dengan kemunculan informasi yang mulai dari contoh-contoh peristiwa sebagai berikut. Hipotesis sesuai dengan rumusan masalah “laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan, serta dengan kehadiran katalis”.

Rumusan hipotesis berupa multi variabel bebas (VB) dengan sebuah variabel terikat (VT). Variabel bebas (VB) berupa luas permukaan, suhu, konsentrasi dan katalis. Variabel terikat berupa laju reaksi ($\sim 1/t$). Sementara variabel control menyesuaikan dengan tahapan rancangan pembuktian hipotesis. Sebagai contoh untuk tahap eksperimen pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, variabel kontrol berupa suhu dan konsentrasi yang tetap serta tanpa kehadiran katalis.

Desain/rancangan percobaan/eksperimen terhadap ketiga hipotesis sesuai dengan VB, VT, dan VK dengan memberi variasi nilai VB dan mengamati variasi nilai VT perlu disajikan dalam bentuk tabel rancangan pembuktian hipotesis. Tabel ini akan mengarahkan kepada tabel pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dengan demikian, nanti tabel pengolahan data dalam M4 dikembangkan dari tabel rancangan pembuktian hipotesis dan tabel pencatatan data tersebut. Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Sajian aspek-aspek rancangan pembuktian hipotesis untuk variasi

nilai VB dengan VT dengan keterbatasan variabel kontrol merupakan aspek utama dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis seperti yang telah disajikan dalam LKM fase awal M3 juga disajikan dalam Tabel 3.2.a.1

Tabel 3.2.a.1 Rancangan pembuktian hipotesis

Hipotesis	VB						VT	VK
	Reaksi kimia	[reaktan 1]	[reaktan lain]	Suhu reaksi	Luas permukaan	Kehadiran katalis	Laju reaksi (1/t) atau perbedaan relatifnya	
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan raktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks terkativasi intermediat)	$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_{(aq)}$	1 gram bongkahan batu kapur (CaCO_3)	50 mL 0,2 M HCl	27°C	<	Tanpa katalis		Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gram serbuk dari bahan sama (CaCO_3)		27°C	>			
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{3(aq)}$ dg total volum campuran reaksi 50 mL	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mengandung 0,075 M HCl	27°C	Larutan (sama)	Tanpa katalis		Konsentrasi tetap dan tanpa katalis
		mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		37°C				
	Larutan dengan total volume campuran reaksi 30 mL: • I: $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} + 2\text{KI}_{(aq)} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{I}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{KCl}_{(aq)}$ • II: $\text{I}_2 + 0,5 \text{ mmol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2 \text{ sisa} + \text{amilum (biru)}$ Jadi 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \sim 0,25 \text{ mmol I}_2$, maka LR pembentukan I_2 dari reaksi H_2O_2 dan KI = $(0,25 \text{ mmol} / 30 \text{ mL}) / t$	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M	mengandung 0,067 M KI, 0,167 M HCl, dan 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	27°C	larutan	Tanpa katalis	$t = \dots$ LR bentuk $\text{I}_2 = (0,25 \text{ mmol} / 30) \text{ dibagi } t = \dots$	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, tanpa katalis
		10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					$t = \dots$ LR= ...	
		10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					$t = \dots$ LR= ..	
		10 mL 0,15 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M					$t = \dots$ LR= ...	
		10 mL 0,1 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M					$T = \dots$ LR= ..	
	$2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$	1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$		27°C		Tanpa katalis		Suhu dan konsentrasi tetap
		1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$		27°C		+ katalis $\text{MnO}_{2(s)}$		
		1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$		27°C		+ katalis $\text{FeCl}_{2(aq)}$		

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut.

Alat	Bahan
Perangkat melakukan reaksi kimia dengan gelas kimia dengan berbagai variasi : 6 buah gelas kimia ukuran 50 mL, 6 buah erlen meyer 100 mL, labu ukur 50 mL dan 100 ML, pipet ukur (pipet gondok 5 mL dan pipet gradasi 5 mL), batang pengaduk, tabung penampung dan pengukur volume gas, termometer dan <i>stopwatch</i>	- logam atau batu kapur (CaCO_3) - larutan 2M HCl - natrium tiosulfat - larutan KI - larutan hidrogen peroksida 2M - larutan $\text{FeCl}_{2(aq)}$ atau $\text{MnO}_{2(s)}$ - sedikit larutan detergen

Prosedur ringkas pengambilan data eksperimen untuk pembuktian hipotesis sesuai dengan rancangan dan video pengambilan data dalam lembar kerja sebagai berikut. Hipotesis melibatkan empat faktor yang memengaruhi laju reaksi sebagai variabel bebas.

(1) Pengaruh luas permukaan sentuh/kontak reaksi bisa dibuktikan dengan membandingkan laju pembentukan gas CO_2 dari 1 gram bongkahan batu kapur dan 1 gram serbuk batu kapur. Larutan HCl dalam setiap reaksi adalah 2 molar sebanyak 50 mL. Reaksi bisa dilakukan dengan menggunakan dua set rangkaian alat penampung dan pengukur gas CO_2 produk dari reaksi satu (a) untuk 1 gram bongkahan CaCO_3 dengan 50 ml 0,2 M HCl dan satu lagi (b) untuk 1 gram serbuk CaCO_3 dengan 50 ml 0,2 M HCl. Waktu pencapaian untuk sejumlah volum gas yang sama dan/atau hingga salah satu reaktan habis dicatat. Eksperimen juga boleh dilakukan secara bergantian jika tersedia satu set alat. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh luas permukaan.

(2) Pengaruh suhu terhadap laju reaksi dapat diungkap dari variasi waktu yang dibutuhkan oleh variasi suhu sampel (misalnya 27°C dan 37°C) untuk mengaburkan tanda silang oleh reaksi antara natrium tiosulfat dan larutan HCl dengan konsentrasi setiap reaktan yang sama. Misalnya, setiap sampel dengan variasi suhu yang berbeda melibatkan reaksi antara 25 mL 0,15M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ditambah larutan aquades (yakni mL 0,75 M HCl + 20 mL aquades) dengan total volum campuran reaksi 50 mL atau 50 mL campuran yang mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan 0,075 M HCl. Di bawah gelas kimia tempat reaksi dibuat tanda silang dengan warna dan ketebalan yang sama. Satu dilakukan pada suhu kamar (27°C) dan satu lagi dilakukan pada suhu 37°C (sebelum direaksikan setiap larutan reaktan direndam dalam penangas air bersuhu 37°C). Saat tanda silang tepat tidak terlihat lagi dalam reaksi, kekeruhan campuran tertentu atau kuantitas belerang produk persatuan volum adalah sama. Variasi waktu pencapaian menunjukkan variasi laju reaksi. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh suhu.

(3) Pengaruh konsentrasi dapat ditunjukkan oleh reaksi antara larutan H_2O_2 dan larutan KI, misalnya pengaruh konsentrasi larutan H_2O_2 dengan variasi konsentrasi 0.15 M, 0.20, 0.25, dan 0.30M pada suhu sistem, konsentrasi larutan KI, dan keasaman yang sama. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh konsentrasi. Setiap sampel reaksi disiapkan secara terpisah (i) larutan 10 ml 0,20 M KI ditambah 5 mL 1,0 M HCl, (ii) 10 ml larutan H_2O_2 , dan (iii) 5 mL 0,10 M dalam gelas kimia tempat reaksi dengan konsentrasi sesuai

rancangan sampel $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang ditambah tiga tetes larutan amilum 1%. Setelah pencatatan waktu dengan stopwatch siap, reaksi dimulai dengan menambahkan larutan (i) dan (ii) bersamaan ke dalam larutan (iii) serta pencatat waktu diaktifkan mulai dari pencampuran. Campuran diaduk dan lama waktu hingga campuran mencapai warna biru yang konsistennya dicatat. Langkah demikian diulang hanya dengan menyesuaikan konsentrasi H_2O_2 larutan (ii) sesuai dengan variasi sampel. Konsentrasi setiap komponen reaksi dihitung ulang sesuai dengan total volum akhir campuran ketika warna biru tercapai. Laju reaksi pembentukan produk I_2 dapat dihitung adalah setengah dari mmol tiosulfat dibagi volum campuran dan waktu saat warna biru terjadi. Data sesuai dengan variasi sampel ditabelkan dan dibuat grafik laju reaksi konsentrasi H_2O_2 .

(4) Tahap eksperimen pembuktian pengaruh katalis dapat berupa laju reaksi penguraian larutan lama hidrogen peroksida dengan konsentrasi dan suhu yang sama, tetapi dengan kehadiran dan tanpa kehadiran katalis seperti MnO_2 atau ion Fe^{2+} . Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh katalis. Disiapkan tiga tabung reaksi, setiap tabung diisi dengan 5 mL 1,0 M H_2O_2 dan ditambah tiga tetes larutan detergen. Pada waktu yang sama, tabung (i) ditambah MnO_2 (padatan sukar larut), tabung (ii) ditambah beberapa tetes larutan Fe^{2+} , dan tabung (iii) tidak tanpa penambahan zat lain lagi. Ketiga tabung dikocok secukupnya dan kemudian dibiarkan serta diamati. Untuk selang waktu yang sama tinggi buih yang timbul pada setiap tabung diukur dan dibandingkan.

Semua data hasil eksperimen dicatat dalam tabel pencatatan data sesuai dengan rancangan pembuktian hipotesis. Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel rancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama). Dengan pertimbangan efisiensi penulisan dokumen *micro learning* ini, tabel pencatatan data yang sekaligus sudah diisi dengan catatan data hasil eksperimen (akhir M3) dan tabel pengolahan data (awal M4) disajikan bersamaan (digabung) dalam Tabel 3.2.a2.

Tabel 3.2.a.2 Tabel catatan dan pengolahan eksperimen

Hipotesis	VB						VT	VK
	Reaksi kimia	[reaktan 1]	[reaktan lain]	Suhu reaksi	Luas permukaan	Kehadiran katalis	Laju reaksi (1/t) atau perbedaan relatifnya	
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan	$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2(\text{aq})$	1 gram bongkahan batu kapur (CaCO_3)	50 mL 0,2 M HCl	27°C	<	Tanpa katalis	$\sim 1/t$ (padatan habis) >	Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gram serbuk dari bahan sama (CaCO_3)		27°C	>		>>	
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{S}(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ dengan total volum	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mengandung 0,075 M HCl	27°C	larutan	Tanpa katalis	>	Konsentrasi tetap dan
		mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		37°C			>>	

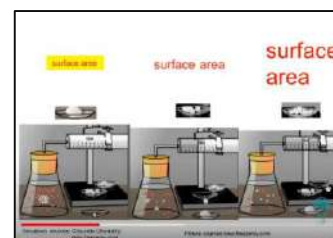
reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediet)	campuran reaksi 50 mL							tanpa katalis
	Larutan dengan total volume campuran reaksi 30 mL:	10 mL 0,30 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M	mengan -dung 0,075 M HCl				t = 14,88 s LR bentuk I ₂ =(0,25 mmol/30)/14,88= 1,12 x 10 ⁻³	Suhu dan konsen-trasi reaktan n lain tetap, tanpa katalis
	• I: H ₂ O _{2(aq)} + 2KI _(aq) + 2HCl → I _{2(aq)} + H ₂ O _(l) + 2KCl _(aq)	10 mL 0,25 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					t = 17,78 s LR= 0,94 x 10 ⁻³	
	• II: I ₂ + 0,5 mmol Na ₂ S ₂ O ₃ → KI + S ₄ O ₆ ²⁻ + I ₂ sisa + amilum (biru)	10 mL 0,2 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					t = 22,51 s LR= 0,74 x 10 ⁻³	
	Jadi 0,5 mmol Na ₂ S ₂ O ₃ ~ 0,25 mmol I ₂ , maka LR pembentu-kan I ₂ dari reaksi H ₂ O ₂ dan KI = 1/t x (0,25 mmol/30 mL)	10 mL 0,15 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M					t = 30,21 s LR= 0,55 x 10 ⁻³	
		10 mL 0,1 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M					t = 43,88 s LR= 0,38 x 10 ⁻³	
	2H ₂ O _{2(aq)} → 2H ₂ O _(l) + O _{2(g)}	1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27°C	larutan	Tanpa katalis	<		Suhu dan konsen-trasi tetap
		1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27°C		+ katalis FeCl ₂ (aq)	>		
		1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27°C		+ katalis MnO ₂ (s)	>		

Rangkuman hasil pengolahan data dalam Tabel 3.2.1b memberi interpretasi bahwa peningkatan luas permukaan, suhu, dan konsentrasi reaktan, serta kehadiran kaatalis mempercepat laju reaksi. Analisis data hasil eksperimen untuk keperluan menerima atau menolak semua hipotesis melibatkan pengolahan data dan diskusi tahapan-tahapan rasional (dialog tanya jawab) menuju hasil analisis konfirmasi kebenaran rumusan hipotesis seperti yang diminta dalam lembar kerja. Berikut hanya disajikan pembahasan sebagai perwujudan dialog tersebut.

Luas Permukaan

Seperti kajian sebelumnya di atas bahwa kayu yang dibelah menjadi serpihan kayu (menjadi bagian yang lebih kecil) akan lebih cepat terbakar daripada kayu yang dibiarkan dalam bentuk gelondongan (balok besar). Mengapa hal tersebut bisa terjadi? Untuk menjawab hal tersebut, marilah kita cermati uraian di bawah ini.

Contoh kayu yang dibakar tersebut menunjukkan bahwa suatu reaksi yang sama dapat berlangsung dengan laju yang berbeda, bergantung pada keadaan zat pereaksi. Hal ini mungkin erat kaitannya dengan luas permukaan bidang sentuh suatu zat yang bereaksi. Pengaruh luas permukaan



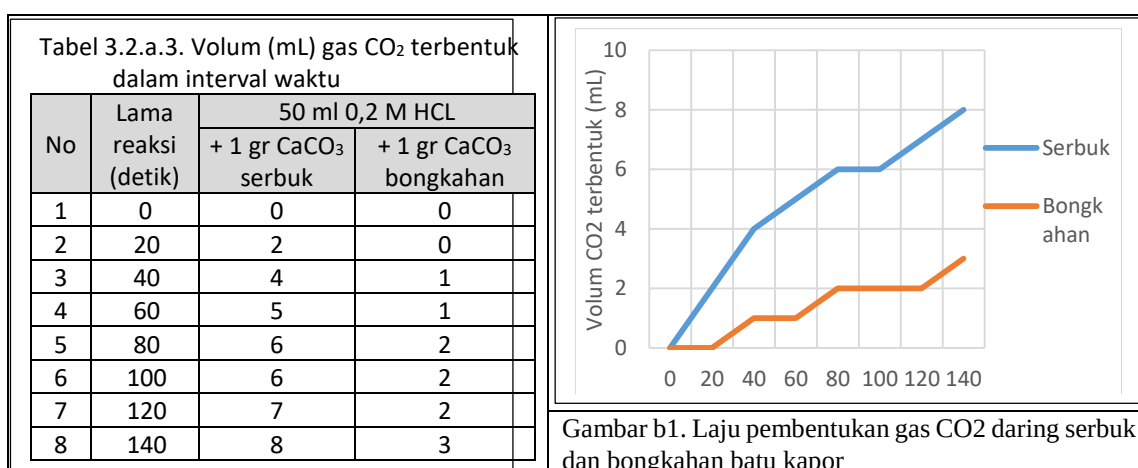
<https://youtu.be/D4ofmXeWcc4>

bidang sentuh terhadap laju reaksi dapat diamati dari reaksi yang melibatkan pereaksi dalam bentuk padatan.

Suatu percobaan pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi dilakukan dengan mereaksikan serbuk batu kapur dan bongkahan batu kapur (massa sama) dengan HCl yang menghasilkan gas CO₂ atau serbuk besi dan batangan dengan larutan HCl yang menghasilkan gas H₂. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas CO₂, yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas CO₂ terbentuk dalam tabung penampung.

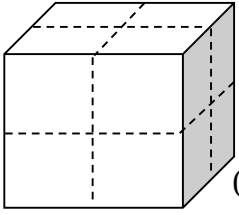
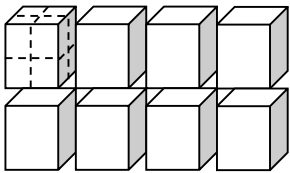
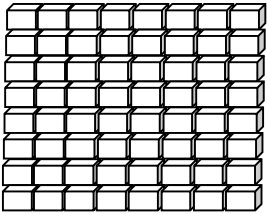


Dari sumber pustaka rujukan didapat data hasil eksperimen untuk logam besi dengan larutan 3 molar HCl sebagai berikut.

No	Bentuk besi (0,5 gram)	Waktu (s) balon karet mulai berdiri
1	batangan besi (paku)	34
2	serbuk besi	7

Berdasarkan data dalam Tabel 3.2.a.3, dapat dilihat bahwa laju reaksi serbuk batu kapur atau sernuk besi besi lebih cepat dari laju reaksi batangan dengan bongkahan batu kapur atau batangan besi. Batu kapur atau besi berbentuk serbuk memiliki ukuran butir-butir yang lebih kecil dibandingkan besi berbentuk batangan (paku). Atau secara kualitatif cepat jumlah gelembung yang muncul berkaitan dengan kecepatan reaksi yang terjadi. Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi besi berbentuk serbuk berlangsung lebih cepat dibandingkan bentuk batangannya.

Apakah ukuran partikel (luas permukaan materi) memengaruhi laju reaksi? Ketika padatan besi dan larutan HCl tersebut bercampur dan bersentuhan satu sama lain, reaksi hanya terjadi pada permukaan besi. Perbedaan luas permukaan besi berbentuk batangan dan besi berbentuk serbuk dapat ditentukan. Untuk mempermudah pemahaman, di bawah ini dianalogikan sebagai kayu (massa sama) yang dibakar baik dalam bentuk kubus besar, kubus kecil, maupun serpihan-serpihan kayu.

 (a)	➤ Gambar (a) merupakan kayu yang berbentuk kubus besar (panjang setiap rusuk kubus adalah 20 cm). ➤ Luas sisi kubus di samping adalah 2.400 cm²
 (b)	➤ Apabila kayu berbentuk kubus besar pada Gambar (a) di atas dipecah (panjang setiap rusuk kubus menjadi 10 cm), maka akan diperoleh kubus kecil seperti pada Gambar (b) 8 buah kubus yang lebih kecil. ➤ Luas total 8 buah sisi kubus kecil di samping adalah 4.800 cm².
 (c)	➤ Apabila setiap kayu berbentuk kubus kecil pada Gambar (b) di atas dipecah lagi menjadi lebih kecil (panjang setiap rusuk kubus menjadi 5 cm), maka akan diperoleh serpihan kayu seperti pada Gambar (c) 64 kubus yang lebih kecil lagi. ➤ Luas total sisi kubus (64 buah serpihan kayu) di samping adalah 9.600 cm².

Gambar b2. Ilustrasi penambahan luas permukaan dengan pemecahan bahan

Dari ketiga bentuk dan ukuran kayu di atas, dapat dilihat bahwa yang mempunyai luas permukaan bidang sentuh paling besar yaitu Gambar b2c berupa serpihan-serpihan kayu yang paling kecil. Perbedaan penting yang dapat diamati dari ketiga gambar (massa tetap) di atas adalah ukuran kayu yang semakin kecil mengakibatkan luas permukaan (bidang sentuh reaksi) kayu yang semakin besar. Jadi untuk massa zat padat yang sama, semakin kecil ukuran partikel zat reaktan, maka luas permukaan bidang sentuh zat tersebut semakin besar. Kontak reaksi antar reaktan hanya terjadi dipermukaan butiran atau bungkahan. Hal inilah yang menyebabkan kayu yang dipotong dalam bentuk serpihan (Gambar b2c) lebih cepat terbakar dibandingkan kayu berbentuk gelondongan (kubus besar). Dengan memperbesar luas permukaan bidang sentuh (ukuran bagian-bagian reaktan padatan lebih kecil), suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat

Pada contoh percobaan di atas, besi berbentuk serbuk mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan besi berbentuk batangan, sehingga luas permukaan (bidang sentuh reaksi) dari besi berbentuk serbuk akan lebih besar dibandingkan bentuk batangannya. Peningkatan jumlah tumbukan antar partikel pada permukaan yang menghasilkan



<https://youtu.be/D4ofmXeWcc4>

(a) Eksperimen



(b) Luas permukaan lebih besar



(c) Luas permukaan lebih kecil

Gambar b3. Pengaruh luas permukaan

reaksi diilustrasikan dalam Gambar b2.

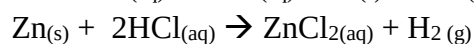
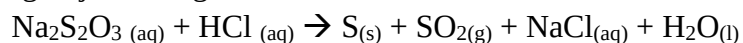
Gambar b2 menunjukkan suatu zat dengan total luas permukaan dalam gambar (b) dari gambar (c). Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan luas permukaan besar memiliki luas permukaan bidang sentuh (tumbukan) untuk menghasilkan reaksi yang lebih besar dibandingkan suatu zat dengan luas permukaan kecil, dan (2) frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan pada suatu zat dengan luas permukaan besar lebih banyak dibandingkan pada suatu zat dengan luas permukaan kecil.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa luas permukaan zat padat berhubungan dengan jumlah tumbukan yang menghasilkan reaksi. Semakin besar luas permukaan suatu zat padat maka luas permukaan bidang sentuh reaksi zat tersebut juga akan semakin besar. Luas permukaan bidang sentuh reaksi yang semakin besar mengakibatkan frekuensi terjadinya tumbukan semakin banyak. Apabila frekuensi tumbukan semakin banyak maka peluang terjadinya suatu reaksi akan semakin besar, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat.

Besi yang berbentuk serbuk memiliki luas permukaan sentuh (kontak reaksi) lebih besar) mempunyai laju reaksi yang lebih besar dibandingkan bentuk batangnya (luas permukaan lebih kecil). Adanya perbedaan ukuran zat-zat (padat) atau luas permukaan zat yang bereaksi menyebabkan laju reaksi berbeda, karena reaksi kimia terjadi pada permukaan zat (padat). Dengan demikian, luas permukaan (ukuran partikel) dapat memengaruhi laju reaksi.

Suhu

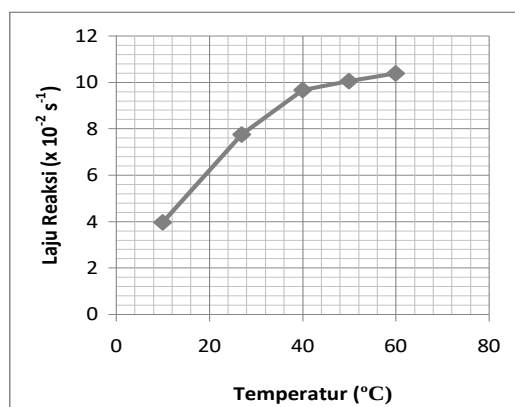
Di laboratorium, suatu percobaan dilakukan dengan mereaksikan atau larutan tiosulfat dengan larutan HCl (dengan pengamatana lama waktu tanda silang di balik campuran reaksi tidak terlihat lagi) atau dengan kuantitas terukur lebih jelas reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl 1 M. Eksperimen lain untuk mengungkap pengaruh suhu juga ditemukan pada sumber rujukan dengan menggunakan reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H₂ yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas dan jumlah gas yang terbentuk dalam waktu tertentu dapat diukur. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Percobaan dua variasi suhu (27°C dan 37°C) dilakukan dalam 50 mL volum larutan yang mengandung 0,075 M natrium tiopsulfat dan 0,075 HCl mendapatkan lama waktu hingga tanda silang hilang adalah 45 detik untuk 37oC dan 1 menit 17 detik untk suhu 27°C. Laju rekasi terjadi lebih cepat dalam suhu yang lebih tinggi. Eksperimen dari sumber pustaka yang dilakukan pada lima variasi suhu (10°C, 27°C, 40°C, 50°C, dan 60°C) pada reaksi antara logam seng dengan 3 M HCl, dilaporkan laju reaksi pemebentukan gas hidrogen disajikan dalam Tabel Tabel 3.2.a.4.

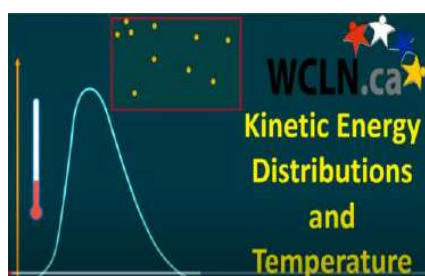
Tabel 3.2.a4. Waktu terbentuknya gas H₂ dengan volum tertentu (membuat balon yang sama mulai berdiri)

No	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Laju Reaksi (s ⁻¹)
1	10°C	25,27	3,96 x 10 ⁻²
2	27°C	12,92	7,74 x 10 ⁻²
3	40°C	10,35	9,66 x 10 ⁻²
4	50°C	9,95	10,05 x 10 ⁻²
5	60°C	9,64	10,37 x 10 ⁻²

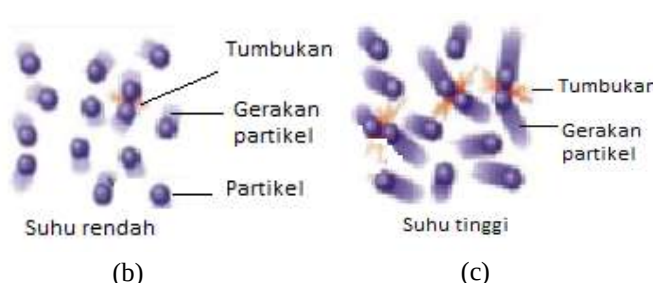


Gambar b3. Laju reaksi terbentuknya H₂ pada temperatur bervariasi

Data hasil percobaan yang dilakukan menunjukkan bahwa laju reaksi semakin besar seiring naiknya suhu. Hasil demikian sejalan dengan penjelasan dalam berbagai sumber pustaka dengan penkelasan sebagai berikut. Peningkatan frekuensi tumbukan antara partikel reaktan pada suhu berbeda diilustrasikan pada Gambar b4.



Gambar b4. (a) Jumlah partikel dengan E_A (<https://youtu.be/xaXDARPYxyQ>)

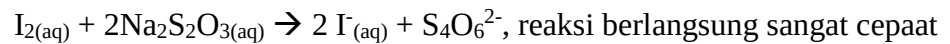
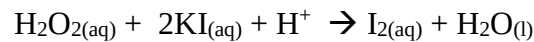


Dari Gambar b4, (b) merupakan ilustrasi frekuensi (jumlah) relatif tumbukan antarpartikel zat pada suhu tinggi, sedangkan gambar (c) pada suhu rendah. Bayang-bayang biru pada gambar a dan b menunjukkan kecepatan partikel. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan temperatur tinggi memiliki pergerakan partikel yang lebih cepat (jumlah partikel dengan E_A lebih banyak) dibandingkan suatu zat dengan suhu rendah, dan (2) frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan pada suatu zat dengan suhu tinggi juga lebih banyak dibandingkan pada suatu zat dengan temperatur rendah.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa temperatur zat berhubungan dengan tumbukan. Semakin tinggi temperatur suatu zat atau reaktan maka pergerakan partikel dari reaktan tersebut akan semakin cepat. Kecepatan partikel sebanding dengan energi kinetik partikel tersebut. Semakin cepat gerakan partikel suatu reaktan maka energi kinetik partikel itu akan semakin besar (banyak partikel dengan energi kinetik < E_A berubah menjadi memiliki E_k > E_A dan juga frekuensi tumbukan lebih besar jika volum ruang reaksi tetap). Pergerakan partikel yang semakin cepat dan tambahan jumlah partikel yang memiliki E_k > E_A yang semakin banyak mengakibatkan frekuensi tumbukan yang menghasilkan reaksi semakin banyak, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat. Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan per satuan waktu.

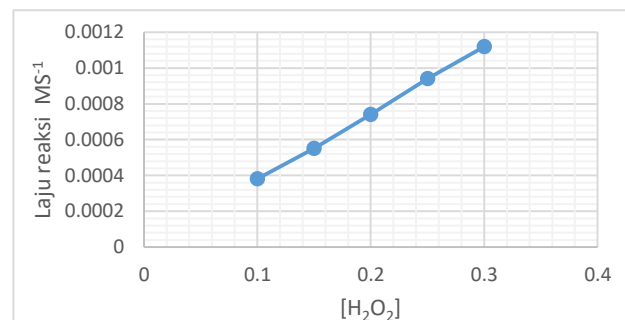
Konsentrasi

Eksperimen pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi untuk reaksi antara larutan KI dan Larutan H₂O₂ dalam suasana asam membentuk larutan I₂. Reaksi yang dilibatkan sebagai berikut.



Dengan menghadirkan sejumlah tertentu larutan natrium tiosulfat sebagai pembatas pengukuran sejumlah produk I₂ yang sudah terbentuk (misalnya 5 mmol = 5 mL 0,10 M Na₂S₂O₃ untuk setiap reaksi smpel) sebagai kuantitas pembataas (< mmol I₂ yang terbentuk) dan indikator amilum (ketika muncul warna biru yang konsisten) menunjukkan sejumlah I₂ (misalnya 2,5 mmol I₂ per volum saat warna biru tercapai ekuivalen dengan 5 mmol Na₂S₂O₃). Laju untuk pembentukan sejumlah produk I₂ adalah setengah dari mmol Na₂S₂O₃ per volum larutan campuran saat reaksi mencapai warna biru tersebut. Tabel (Tabel 3.2.a.5) menyajikan variasi laju reaksi antara tersebut pada konsentrasi H₂O₂ yang bervariasi.

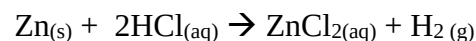
No	[H ₂ O ₂]	Waktu (s)	Laju Reaksi (MS ⁻¹)
1	0,10 M	43,88	0,38 x 10 ⁻³
2	0,15 M	30,21	0,55 x 10 ⁻³
3	0,20 M	22,51	0,74 x 10 ⁻³
4	0,25 M	17,78	0,94 x 10 ⁻³
5	0,30 M	14,88	1,12 x 10 ⁻³



Gambar b5. Laju reaksi terhadap variasi [H₂O₂]

Data dalam Tabel Tabel 3.2.a.5 dan grafik Gambar b5 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi reaktan HCl laju reaksi semakin cepat.

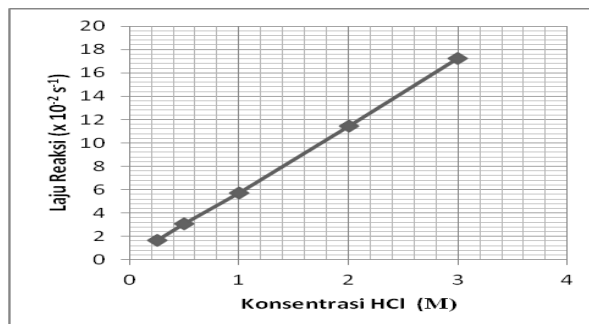
Contoh eksperimen lain pengaruh konsentrasi dari sumber pustaka menggunakan reaksi antara logam seng dengan massa yang sama dan larutan HCl dengan konsentrasi HCl yang bervariasi yakni 0,25 M; 0,5 M; 1 M; 2 M; dan 3 M. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H₂ yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas H₂, yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas H₂ terbentuk. Berikut ini disajikan data waktu terbentuknya gas H₂ dengan volum tertentu dan harga kebalikan waktu (s⁻¹) yang mempresentasikan laju reaksinya dalam bentuk Tabel (3.2.a.6) dan grafik Gambar b5 terhadap variasi konsentrasi HCl.

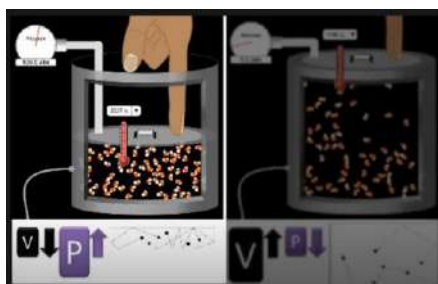
Tabel 3.2.a.6. Waktu terbentuknya gas H_2 dengan Volume Tertentu

No	[HCl]	Waktu (s)	Laju Reaksi $\sim$ (s^{-1})
1	0,25 M	59,88	$1,67 \times 10^{-2}$
2	0,50 M	32,47	$3,08 \times 10^{-2}$
3	1,00 M	17,51	$5,71 \times 10^{-2}$
4	2,00 M	8,73	$11,45 \times 10^{-2}$
5	3,00 M	5,80	$17,25 \times 10^{-2}$



Gambar b6. Laju Reaksi terhadap variasi konsentrasi HCl

Hasil kedua eksperimen tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Jumlah tumbukan antarpartikel reaktan dengan konsentrasi lebih besar menyebabkan tumbukan lebih banyak, sehingga reaksi lebih besar, seperti diilustrasikan dalam Gambar b7. Peningkatan konsentrasi pada sistem campuran reaksi berfase gas bisa diperoleh dengan memperbesar tekanan pada suhu tetap.



Gambar b7. (a) Perbedaan konsentrasi zat (<https://youtu.be/dSEIVEI2-cw>)



(b) partikel-partikel zat dengan konsentrasi tinggi dan (c) partikel-partikel zat dengan konsentrasi lebih kecil

Gambar b7 mengilustrasikan peristiwa molekuler dari reaksi. Gambar (b) menunjukkan partikel-partikel suatu zat reaktan pada konsentrasi rendah, sedangkan gambar (c) merupakan partikel-partikel zat tersebut pada konsentrasi tinggi. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan konsentrasi tinggi memiliki jumlah partikel persatuan volum yang lebih banyak dibandingkan suatu zat dengan konsentrasi rendah, sehingga memiliki jarak antarpartikel yang lebih rapat dibandingkan suatu zat dengan konsentrasi rendah, tetapi distribusi jumlah partikel dengan energi kinetiknya tidak berubah, dan (2) frekuensi terjadinya tumbukan dalam larutan suatu zat dengan konsentrasi tinggi lebih banyak dibandingkan dalam larutan reaktan dengan konsentrasi yang lebih rendah. Peningkatan frekuensi tumbukan per satuan volum hanya dikontribusi oleh kerapatan partikel yang membesar dan tidak melibatkan peningkatan jumlah proporsi partikel dengan E_A yang meningkat seperti pada pengaruh suhu.

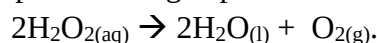
Jumlah partikel suatu zat sebanding dengan kerapatan partikel-partikelnya. Semakin banyak jumlah partikel suatu reaktan per satuan volum, maka jarak antarpartikelnya akan semakin rapat. Partikel-partikel suatu reaktan tidaklah diam, melainkan selalu bergerak. Jumlah partikel yang semakin banyak dan jarak antarpartikel yang semakin rapat mengakibatkan frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan semakin banyak.

Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan yang terjadi dalam waktu tertentu. Dalam konsentrasi reaktan yang lebih besar, laju reaksi semakin cepat terjadi karena frekuensi tumbukan yang menghasilkan reaksi kimia semakin besar.

Katalis

Peningkatan laju reaksi dengan meningkatkan temperatur sering tidak efektif atau tidak dapat dilakukan. Pada kehidupan industri atau di masyarakat, peningkatan laju reaksi sering dilakukan dengan menambahkan zat lain yang tidak mengalami pengurangan ketika reaksi telah selesai. Seperti minyak lebih cepat tengik jika disimpan dalam kaleng besi dibandingkan jika disimpan dalam botol kaca. Besi sebagai bahan kaleng besi tidak berkurang massanya setelah minyak tersebut tengik. Dalam hal ini besi hanya mempercepat proses terjadinya ketengikan. Besi dalam proses ketengikan minyak tersebut dianggap sebagai katalis.

Hasil percobaan pengaruh katalis terhadap laju reaksi untuk contoh reaksi dekomposisi larutan H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 atau Fe^{2+} dan tanpa penambahan bahan katalis. Reaksi ini menghasilkan gas O_2 yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas, tanpa pengurangan padatan MnO_2 . Persamaan reaksi dekomposisi hidrogen peroksida adalah



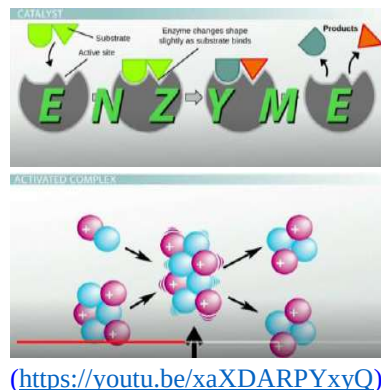
Banyaknya gelembung gas yang terbentuk dalam selang waktu tertentu laju reaksi tersebut. Data hasil percobaan penguraian larutan H_2O_2 dengan dan tanpa kehadiran MnO_2 disajikan dalam Tabel 3.2.a.6. dan Massa MnO_2 tidak berkurang setelah produk terbentuk.

Tabel 3.2.a.6 Kecepatan gelembung gas O_2 yang terbentuk

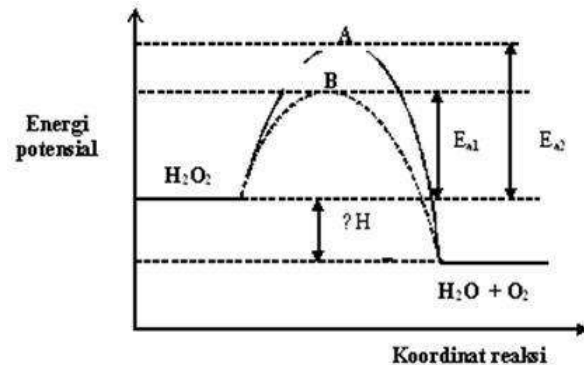
No	Larutan	Pengamatan	Keterangan
1	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2$	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan MnO_2
2	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+}$	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan Fe^{2+}
2	H_2O_2	sedikit gelembung (lambat)	tanpa penambahan MnO_2

Dengan demikian, penambahan MnO_2 dalam reaksi penguraian H_2O_2 berfungsi sebagai katalis yang mempercepat laju reaksi. Dalam konteks katalis dengan fase padat, umumnya reaktan bertumbukan dengan katalis yang sempat menempel pada permukaan katalis (dapat bergerak berpropagasi diikuti dengan penataan struktur elektroniknya yang memfasilitasi percepatan reaksi ke arah produk). Dengan demikian penempelan (agregasi) partikel reaktan pada katalis membentuk kompleks teraktifkan dengan energi pengaktifan lebih rendah atau menurunkan energi pengaktifan reaktan untuk membentuk produk. Data di atas, dapat dilihat bahwa jumlah gelembung gas (O_2) yang muncul pada dekomposisi H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 (larutan 1) lebih banyak dibandingkan dekomposisi H_2O_2 tanpa penambahan MnO_2 (larutan 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa dekomposisi H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 berlangsung lebih cepat dibandingkan dekomposisi H_2O_2 tanpa penambahan MnO_2 . Dalam larutan 1, MnO_2 mempercepat laju reaksi tanpa mengalami perubahan pengurangan massa ketika reaksi selesai atau sebagai katalis.

Katalis terlibat dalam menurunkan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi dalam mempercepat reaksi. Katalis terbentuk kembali ketika pembentukan produk. Gambar b8 mengilustrasikan secara umum katalis menurunkan energi pengaktifan melalui pembentukan spesi kompleks teraktivasi.



(a)

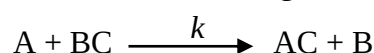


(b)

Gambar b8. Animasi dan ilustrasi katalis

Grafik b8a menunjukkan pembentukan spesi kompleks teraktivasi dengan adanya katalis. Gambar b8b kurva A menunjukkan jalan atau jejak reaksi (*parthway*) reaksi tanpa adanya penambahan katalis dengan energi pengaktifan lebih tinggi dibandingkan energi pengaktifan dari kurva B dengan kehadiran katalis. Tingginya energi pengaktifan yang dimiliki oleh reaksi tanpa menggunakan katalis menyebabkan energi kinetik dari molekul-molekul yang bertumbukan kurang mampu untuk melampaui energi pengaktifan (energi kinetik minimal dari partikel untuk menghasilkan reaksi kimia, sehingga produk akan sulit terbentuk dan reaksi tanpa bantuan katalis akan berlangsung lebih lambat. Sementara grafik B menggambarkan reaksi yang dikatalisis. Hal tersebut dapat dilihat dari energi pengaktifan yang ditunjukkan oleh kurva B lebih rendah dibandingkan energi pengaktifan dari kurva A. Lebih rendahnya energi pengaktifan yang disyaratkan oleh suatu reaksi dengan menggunakan katalis menyebabkan kemampuan energi kinetik untuk melampaui energi pengaktifan lebih mudah, sehingga produk akan lebih mudah terbentuk dan reaksi dengan bantuan katalis akan berlangsung lebih cepat. Dengan kata lain, katalis akan mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi pengaktifan.

Katalis mempercepat reaksi dengan menyediakan serangkaian tahapan elementer dengan kinetika yang lebih baik dibandingkan tanpa katalis. Misalnya, reaksi berikut memiliki konstanta k dan energi aktivasi E_a tertentu.



Namun demikian, dengan kehadiran katalis, konstanta lajunya adalah k_c (disebut konstanta laju katalitik).



Berdasarkan definisi katalis, laju berkatalis > laju tidak berkatalis

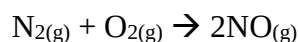
Grafik di atas menunjukkan profil energi potensial untuk kedua reaksi. Meskipun reaktan dan produknya sama dalam kedua kasus ini, mekanisme dan hukum lajunya berbeda untuk kedua bentuk grafik. Perhatikan, energi potensial reaktan dan produk tidak dipengaruhi oleh katalis. Satu-satunya yang dipengaruhi oleh katalis adalah energi aktivasi. Katalis mempercepat laju reaksi melalui pembentukan kompleks reaktan katalis dengan energi aktivasi yang lebih rendah (kompleks teraktivasi memiliki energi potensial berbeda dengan reaktan). Dalam suatu reaksi kimia, katalis ikut terlibat dalam reaksi, namun partikel katalis akan terbentuk kembali setelah produk terbentuk dan tidak mengalami penambahan (tidak berkurang).

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa katalis mempercepat laju reaksi dengan cara ikut terlibat membentuk kompleks teraktivasi yang memiliki energi aktivasi lebih rendah, namun di akhir reaksi akan terbentuk kembali. Untuk menurunkan energi aktivasi, katalis memberikan jalan alternatif terhadap zat reaktan agar reaksi dapat berlangsung. Katalis berperan memengaruhi laju reaksi melalui adsorpsi (pada permukaan katalis heterogen) yang sering diikuti dengan pembentukan senyawa antara (zat intermediat dalam katalis homogen).

Katalis Heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fase berbeda dengan reaktan yang dikatalisis. Biasanya katalis berupa padatan dan reaktan berwujud gas atau cairan. Berbeda dengan katalis homogen, cara kerja katalis heterogen adalah melalui proses adsorpsi. Dalam hal ini, katalisator berwujud padat yang mampu mengikat sejumlah gas atau cairan dari partikel zat reaktan pada permukaan katalisator. Misalnya, nikel atau platinum dalam bentuk bubuk halus mampu mengadsorpsi sejumlah besar aneka ragam gas. Gaya tarik menarik antara atom logam dan molekul gas dapat memperlemah ikatan kovalen pada molekul gas, dan bahkan dapat memutuskan ikatan itu. Akibatnya, molekul gas yang teradsorpsi pada permukaan logam ini menjadi lebih reaktif dari molekul gas yang tidak teradsorpsi.

Pada suhu tinggi di dalam mesin mobil yang sedang berjalan, gas nitrogen dan oksigen bereaksi membentuk nitrat oksida:



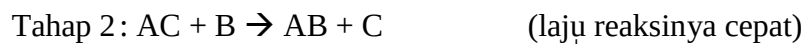
Ketika lepas ke atmosfer, NO segera bergabung membentuk NO₂. Nitrogen dioksida dan gas lain yang dikeluarkan oleh mesin mobil, seperti karbonmonoksida (CO) dan berbagai hidrokarbon yang tidak terbakar menjadikan mobil sebagai sumber utama pencemar udara. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dalam kendaraan bermotor dipasang katalis oksida logam transisi atau logam mulia (padatan), seperti logam platinum pada saluran pembuangan mesin (knalpot) yang akan dilewati oleh gas buang. Katalis ini dimanfaatkan untuk mengubah gas buangan kendaraan bermotor yang berbahaya, yaitu CO, NO, dan NO₂ menjadi CO₂ serta N₂ dan O₂ yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase yang sama dengan reaktan yang dikatalisisnya, biasanya dalam fase cairan. Cara kerja katalis homogen dalam mempercepat laju reaksi adalah membentuk zat antara. Misalnya reaksi $A + B \rightarrow AB$ terjadi dengan laju reaksi yang sangat lambat. Kehadiran katalis (C) dapat mempercepat laju reaksi dengan tahapan reaksi sebagai berikut.

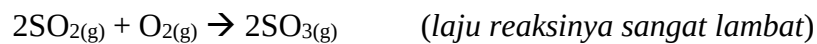


https://youtu.be/chNcfHX_CaI



AC merupakan zat antara (intermediat).

Contoh reaksi yang melibatkan senyawa antara adalah reaksi fase gas antara gas SO_2 dengan gas O_2 membentuk gas SO_3 dalam industri dengan menggunakan katalisator gas NO. Reaksi:



Mekanisme reaksi dengan menggunakan katalisator gas NO:



NO_2 merupakan senyawa antara dan pada akhir reaksi katalisator gas NO terbentuk kembali.

Factors

- Temperature
- Concentration
- Pressure
- Surface area

<https://youtu.be/6mAqX31RRJU>

c. Tugas belajar 5M materi faktor memengaruhi laju reaksi

- i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan 5M ilmiah induktif (dikumpul bersamaan dengan isian *worksheet* (lembar kerja) 5M sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran.

1). Isian kegiatan 5M dalam *worksheet*

- 2a). Buat rangkuman jenis pengetahuan dan keterkaitannya dalam bentuk isian tabel jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual akibat-sebab untuk induktif) yang disasar serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis (berikut adalah contoh).

Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p. Prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta-kognitif
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)	- Laju reaksi ($1/t$) bervariasi - Untuk massa yang sama, luas permukaan sentuh (reaksi) untuk serbuk lebih besar dari bongkahan - Peningkatan suhu meningkatkan energi aktivasi - Peningkatan konsentrasi meningkatkan kecepatan partikel - partikel reaktan - Katalis menurunkan energi aktivasi reaktan dg membentuk kompleks teraktivasi	1) mengamati fenomena & mendaftar informasi awal kebutuhan rumusan masalah & hipotesis 2) merumuskan masalah investigasi 3) merumuskan hipotesis & merancang pembuktiannya 4) melakukan pengambilan data eksperimen 5) mengolah dan menganalisis data menuju pembuktian hipotesis 6) membuat simpulan 7) menemukan meta-kognitif	Luas permukaan	laju reaksi atau $1/t$	Konsentrasi, suhu, tanpa katalis	Prehitungan luas permukaan	
			suhu		konsentrasi reaktan, tanpa katalis	Distribusi energi partikel Boltzman untuk variasi suhu	
			konsentrasi		Suhu dan konsentrasi reaktan tanpa katalis	Kepadatan partikel	
			Katalis		Konsentrasi reaktan dan suhu larutan	Kompleks teraktivasi yang tidak stabil	

- b. Buat rangkuman deskriptif untuk kegiatan 5M ilmiah induktif

Rangkuman kegiatan *micro learning* induktif mengikuti siklus belajar 5M sebagai berikut (deskripsi ringkas tujuan, hasil kegiatan setiap fase 5M ilmiah untuk mencapainya, dan rasional/kesesuaian temuan dengan kajian pustaka).

- -----
- ii. Tugas perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang konsep faktor yang memengaruhi laju reaksi) yang ada dalam di dalam chapter (*sample problem* dan *follow up problem*) maupun pada akhir dalam Chapter 16 dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2010), Principle of General Chemistry. Second Edition New York: The McGraw-Hill Companies, Inc, atau dalam sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

Referensi

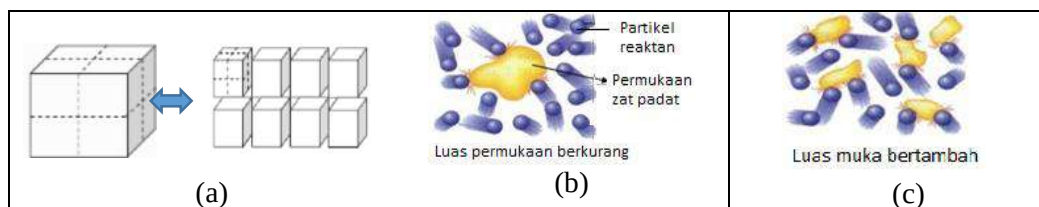
1. Silberberg, M.S. (2003). Chemistry The Molecular nature of Matter and Change. Third Edition. New York : McGraw-Hill Higher Education.
2. Silberberg, M.S. (2010). Principle of General Chemistry. Second Edition (atau edisi yang lebih baru). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
3. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
4. Chand, R., (2002). Chemistry. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
5. Internet resources lainnya untuk kajian termokimia dan bagian-bagiannya seperti kalorimeter, termokimia, perubahan entalpi reaksi, energy ikatan, entropi, spontanitas reaksi kimia umum dan khusus redoks yang sangat berkembang untuk elektrokimia, hokum Hess, dan siklus Born-Haber.

B. Micro learning deduktif

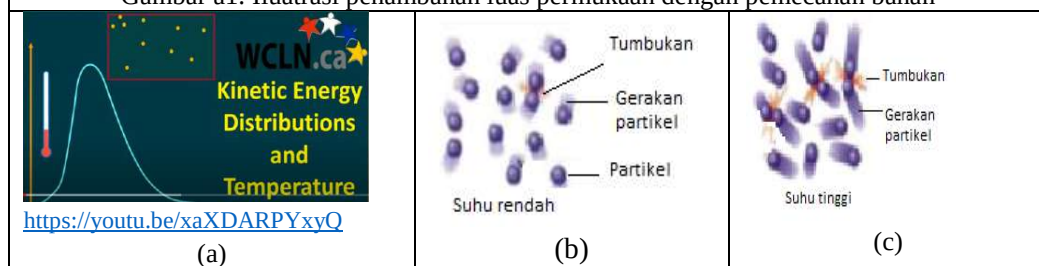
MICRO LEARNING DEDUKTIF

FAKTOR-FAKTOR MEMENGARUHI LAJU REAKSI

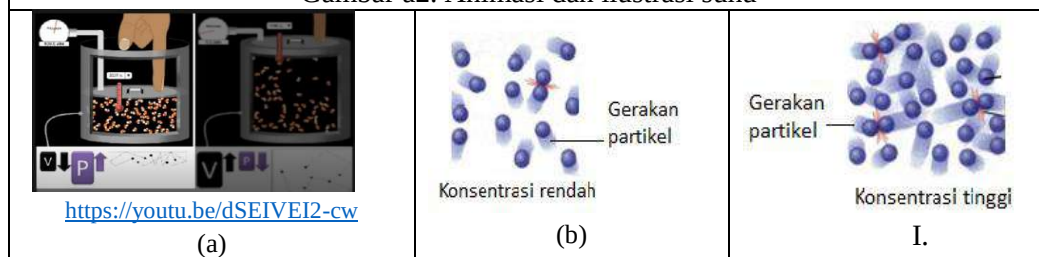
(SUBTOPIK SIFAT LAJU REAKSI)



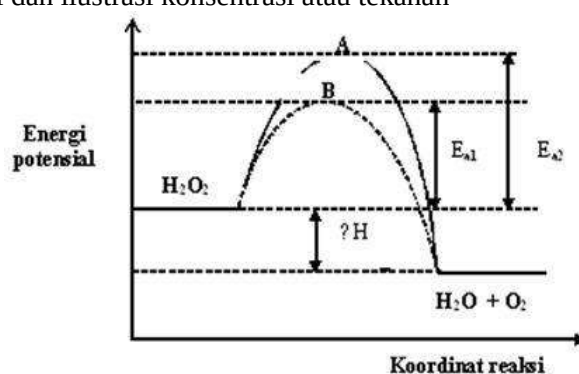
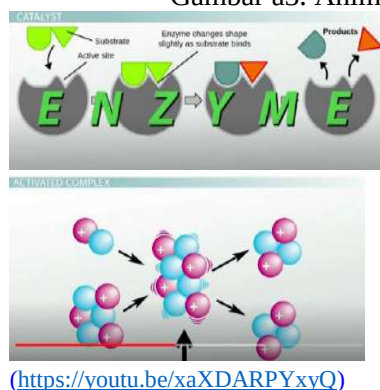
Gambar a1. Ilustrasi penambahan luas permukaan dengan pemecahan bahan



Gambar a2. Animasi dan ilustrasi suhu



Gambar a3. Animasi dan ilustrasi konsentrasi atau tekanan



Gambar a4. Animasi dan ilustrasi katalis

Naskah *micro learning* terdiri atas (a) lembar kerja, (b) informasi (teks) materi konstruksi konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

Tujuan pengetahuan dan keterampilan ilmiah:

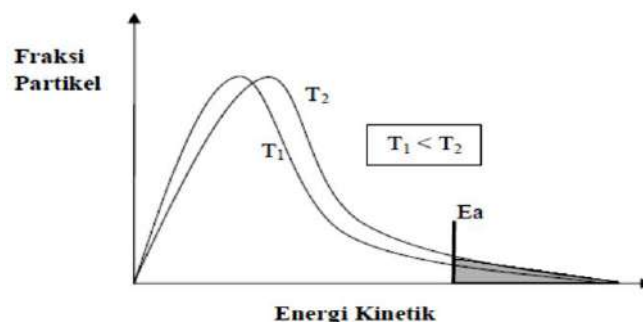
mampu menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi melalui eksperimen

a. Lembar kerja mahasiswa

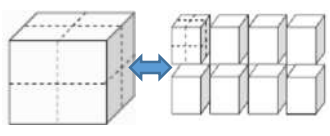
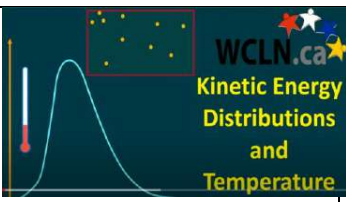
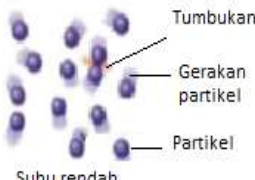
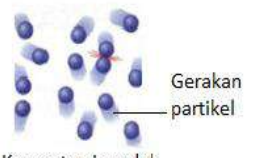
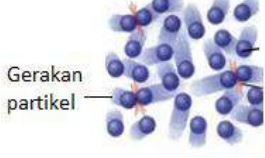
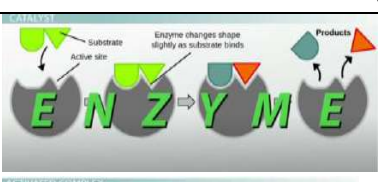
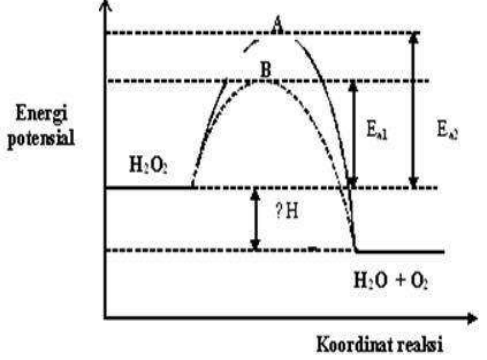
Fenomena

Kajian teori tumbukan dalam pertemuan sebelumnya mengungkap bahwa reaksi kimia terjadi dari tumbukan efektif antar partikel-partikel reaktan. Jumlah tumbukan efektif persatuan volume per satuan waktu akan menentukan besar laju reaksi kimia yang tentu bergantung pada kecepatan partikel (energi kinetik) dan kerapatan partikel-partikelnya. Untuk reaksi dalam fase gas maupun larutan cair, partikel-partikel reaktan berupa atom, molekul, dan/atau ion-ion sesuai dengan jenis zat tersebut, sehingga tumbukan akan dapat terjadi pada semua partikel. Namun untuk reaksi yang melibatkan fase padat, hanya partikel-partikel reaktan zat padat di permukaan saja yang mungkin mengalami tumbukan dengan partikel reaktan lain untuk menghasilkan reaksi. Dengan demikian luas permukaan sentuh zat padat turut menentukan laju reaksi. Suatu zat dengan massa yang sama dalam bentuk butiran akan memiliki luas permukaan yang jauh lebih luas dibanding jika zat itu berupa sebuah bongkahan besar. Di samping itu, sebelumnya juga telah diungkap bahwa tumbukan efektif hanya terjadi jika energi tumbukan cukup ($\geq E_a$). Terdapat suatu zat (materi) atau katalis yang mampu membentuk spesi gabungan katalis dan partikel reaktan (spesi kompleks intermediet teraktivasi) dengan energi pengaktifan (aktivasi) terkatalis (E_{ak}) lebih rendah dari energi pengaktifan tanpa katalis (E_a) untuk menghasilkan produk yang sama. Katalis terbentuk kembali saat produk sudah terbentuk (jumlah katalis tidak berkurang).

Partikel-partikel suatu materi pada suhu tertentu tidaklah semua memiliki kecepatan yang sama, melainkan memiliki distribusi fraksi (seperti persentase) jumlah partikel untuk sebaran energi kinetiknya dalam grafik Gambar 1 sebagai distribusi Maxwell-Boltzman. E_a merupakan energi kinetik minimum partikel-partikel pada suhu tersebut yang mampu menghasilkan reaksi atau menghasilkan tumbukan efektif. Daerah yang diarsir merupakan jumlah (total) fraksi (% total) partikel yang memiliki energi kinetik $\geq E_a$.



Analisis hubungan fraksi partikel-partikel dan energi kinetik yang mengindikasikan energi pengaktifan (tumbukan efektif) untuk keempat faktor yang dapat berpengaruh terhadap laju reaksi diilustrasikan secara sub-mikroskopis (molekuler) melalui video atau gambar yang diorganisasikan dalam tabel berikut.

No	Faktor	Ilustrasi	Perbedaan fraksi tumbukan efektif	
			Keadaan lebih rendah (keci)	Keadaan lebih tinggi (besar)
1	Luas muka	 (a)	 (b)	 (c)
		Gambar a1.		
2	Suhu	 (a) https://youtu.be/xaXDARPYxyQ	 (b)	 (c)
		Gambar a2.		
3	Konsentra si	 (a) https://youtu.be/dSEIVEI2-cw	 (b)	 II.
		Gambar a3.		
4	Katalis	 (a) https://youtu.be/xaXDARPYxyQ	 (b)	
		Gambar a4.		

1. Mengamati (M1)

Informasi latar munculnya konsepsi ilmiah tentang pengaruh faktor-faktor (konsentrasi, luas permukaan, suhu dan katalis) terhadap laju reaksi dalam paragraf kajian konsep awal umum teori tumbukan yang mendasari reaksi kimia (diisi).

• ..	• ..
• ...	• ...
• ..	• ..
• ...	• ...

2. Menanya (M2)

Pertanyaan berupa pertanyaan klarifikasi informasi dan rumusan masalah investigasi sebagai berikut (diisi).

a). Pertanyaan klarifikasi:

b). Rumusan masalah investigasi:

3. Mengumpulkan data (M3)

Jawaban terhadap rumusan masalah investigasi diperoleh melalui beberapa langkah.

a). Rumusan hipotesis dari rumusan masalah investigasi (terutama dalam bentuk sebuah kalimat aktif sebab-akibat untuk hipotesis deduktif) sebagai berikut.

b). Variabel bebas, terikat, dan kontrol dari setiap hipotesis di atas disajikan dalam tabel contoh berikut (diisi dan bentuk tabel bisa diubah sesuai kepentingan). Jumlah baris bisa ditambah jika ada suatu hipotesis yang berupa variabel bebas dan/atau variabel terikat ganda (multi variabel bebas).

Hipotesis	V. bebas	V. terikat	V. kontrol
Semakin besar konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan (semakin banyak tumbukan efektif partikel reaktan per satuan volum) serta dengan kehadiran katalis (membentuk kompleks teraktivasi intermediat dengan E_a menurun) menyebabkan laju reaksi semakin cepat	...	...	...
	...	...	...
	...	...	...
	...	...	...

c). *Rancangan pembuktian hipotesis* berupa pemberian variasi nilai (sampel variabel bebas), perkiraan variasi nilai variabel terikat (variasi efek dari akibat variasi perlakuan atau sampel variabel bebas), variabel lain yang mungkin berpengaruh dibuat sama agar tidak berpengaruh (sebagai variabel kontrol). Rancangan pembuktian untuk hipotesis di atas disajikan dalam tabel berikut. Setiap kolom variabel bebas maupun variabel terikat masih bisa dipecah menjadi beberapa kolom jika hipotesis adalah multivariat (memiliki lebih dari satu variabel) sesuai dengan bunyi hipotesis.

dengan cara kerja jika Anda mengambil data tersebut langsung (nanti disempurnakan disesuaikan dengan yang digunakan penulisnya ketika pelaksanaan pengumpulan data). Tabel data pembuktian hipotesis bisa diisi langsung dengan data yang diperoleh dari sumber pustaka atau hasil kerja orang lain, namun kutipan terhadap sumber harus dituliskan.

Contoh data hasil eksperimen faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi (sebanding dengan harga $1/t$ untuk menghasilkan molaritas produk yang sama) sebagai berikut.

Rancangan pembuktian hipotesis

Hipotesis	Variabel Kontrol	Perlakuan (Variabel Bebas)	VT: Waktu hingga ciri kuantitas tertentu diamati	
			t	1/t
	$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{CaCl}_{2(aq)}$	1 gram bongkahan + 50 mL 0,2 M HCl		
		1 gram serbuk + 50 mL 0,2 M HCl		
	[Na ₂ S ₂ O ₃] dan [HCl] tetap	27°C 25 mL 0,15M Na ₂ S ₂ O ₃ + 27°C 5 mL 0,75 M HCl + 20 mL aquades dengan total volume 50 mL atau 50 mL campuran yang mengandung 0,075 M Na ₂ S ₂ O ₃ dan 0,075 M HCl		
		37°C campuran larutan yang mengandung 0,075 M Na ₂ S ₂ O ₃ dan 0,75 M HCl		
	Dalam total volum campuran reaksi 30 mL: 10 mL KI 0,20M (= 0,067 M) + 5 mL 1,00 M HCl (=0,167M) dan 5 mL 0,10 M Na ₂ S ₂ O ₃ (0,5 mmol)	10 mL 0,30 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M		
		10 mL 0,25 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M		
		10 mL 0,2 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M		
		10 mL 0,15 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M		
		10 mL 0,1 M H ₂ O ₂ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M		
	$\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$	5 ml 2 M H ₂ O _{2(aq)} 25°C tanpa kehadiran katalis		
		5 ml 2 M H ₂ O _{2(aq)} 25°C dengan kehadiran FeCl _{2(aq)}		
		5 ml 2 M H ₂ O _{2(aq)} 25°C dengan kehadiran MnO _{2(s)}		

4. Kegiatan mengasosiasi (M4)

Kegiatan mengasosiasi meliputi pengolahan, analisis data, dan membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis.

a). Pengolahan dan analisis data

Hipotesis

-
-

Interpretasi:

b). Pembahasan (usahakan satu paragraf untuk satu hipotesis)

-
-

c) Simpulan:

.....
.....
..... (hipotesis diterima/ditolak).

5. Mengkomunikasi (M5): Kami menyajikan hasil kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah dalam forum (misalnya: diskusi/ presentasi/majalah/seminar ini – pilih sesuai dengan yang akan dilakukan) dalam bentuk sebagai berikut.

b. Teks materi konsepsi ilmiah tentang faktor memengaruhi laju reaksi

Fenomena

Paragraf fenomena dan banyak sumber pustaka lain cukup mengingatkan konsepsi awal dan keterampilan serta informasi awal yang diperlukan menuju konstruksi konsepsi ilmiah tentang faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi. Konsepsi ilmiah awal prasyarat berupa molaritas menunjukkan kerapatan partikel, partikel yang lebih cepat memiliki energi kinetik yang lebih besar, laju reaksi berbanding terbalik dengan waktu reaksi (laju reaksi $\sim 1/t$). Keterampilan prasyarat dalam membaca dan membuat grafik dasar. Informasi awal berupa luas permukaan kontak yang meningkat dengan pemecahan padatan untuk massa yang sama, peningkatan suhu mempercepat laju partikel, peningkatan konsentrasi menambah frekuensi tumbukan per satuan volum, dan katalis dapat bereaksi sementara (intermediat) membentuk kompleks teraktivasi dengan energi pengaktifan kompleks tersebut (E_{ak}) lebih rendah dari energi pengaktifan reaksi tersebut tanpa kehadiran katalis (E_a). Dari informasi awal yang didapat dimungkinkan untuk melahirkan rumusan masalah investigasi yakni bagaimana dapat ditunjukkan peningkatan luas permukaan, suhu, dan konsentrasi, serta kehadiran katalis meningkatkan laju reaksi?

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban terhadap rumusan masalah investigasi di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis untuk rumusan masalah dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab akibat deduktif (sesuai dengan konsepsi ilmiah prasyarat dan informasi awal terkait sebagai berikut. Hipotesis sesuai dengan rumusan masalah “semakin besar konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan (semakin banyak tumbukan efektif partikel reaktan per satuan volum) serta dengan kehadiran katalis (membentuk kompleks teraktivasi intermediat dengan E_a menurun) menyebabkan laju reaksi semakin cepat”.

Rumusan hipotesis berupa multi variabel bebas (VB) dengan sebuah variabel terikat (VT). Variabel bebas (VB) berupa luas permukaan, suhu, konsentrasi dan katalis. Variabel terikat berupa laju reaksi ($\sim 1/t$). Sementara variabel control menyesuaikan dengan tahapan rancangan pembuktian hipotesis. Sebagai contoh untuk tahap eksperimen pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, variabel kontrol berupa suhu dan konsentrasi yang tetap serta tanpa kehadiran katalis.

Desain/rancangan percobaan/eksperimen terhadap hipotesis sesuai dengan VB, VT, dan VK dengan memberi variasi nilai VB dan mengamati variasi nilai VT perlu disajikan dalam bentuk tabel rancangan pembuktian hipotesis. Tabel ini akan

mengarahkan kepada tabel pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dengan demikian, nanti tabel pengolahan data dalam M4 dikembangkan dari tabel rancangan pembuktian hipotesis dan tabel pencatatan data tersebut. Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Sajian aspek-aspek rancangan pembuktian hipotesis untuk variasi nilai VB dengan VT dengan keterbatasan variabel kontrol merupakan aspek utama dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis seperti yang telah disajikan dalam LKM fase awal M3 juga disajikan dalam Tabel 3.2.b.1.

Tabel 3.2.b.1. Rancangan pembuktian hipotesis

Hipotesis	VB						VT	VK
	Reaksi kimia	[reaktan 1]	[reaktan lain]	Suhu reaksi	Luas permukaan	Kehadiran katalis	Laju reaksi (1/t) atau perbedaan relatifnya	
Peningkatan suhu, konsentrasi, dan luas permukaan raktan reaksi (peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volume), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediet) menyebabkan laju reaksi semakin cepat.	$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_{(aq)}$	1 gram bongkahan batu kapur (CaCO_3)	50 mL 0,2 M HCl	27°C	<	Tanpa katalis		Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gram serbuk dari bahan sama (CaCO_3)		27°C	>			
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{3(aq)}$	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mengandung 0,075 M HCl	27°C	larutan	Tanpa katalis		Konsentrasi tetap dan tanpa katalis
	dengan total volum campuran reaksi 50 mL	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		37°C				
	Larutan dengan total volume campuran reaksi 30 mL:	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M	mengandung 0,067 M KI, 0,167 M HCl, dan 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	27°C	larutan	Tanpa katalis	t = ... LR bentuk $I_2 = (0,25 \text{ mmol}/30) / \text{dibagi } t = \dots$	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, tanpa katalis
	• I: $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} + 2\text{KI}_{(aq)} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{I}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{KCl}_{(aq)}$	10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					t = ... LR = ...	
	• II: $\text{I}_2 + 0,5 \text{ mmol } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2 \text{ sisa} + \text{amilum (biru)}$	10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					t = ... LR = ..	
	Jadi 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \sim 0,25 \text{ mmol } \text{I}_2$, maka LR pembentukan I_2 dari reaksi H_2O_2 dan KI = $(0,25 \text{ mmol}/30 \text{ mL}) / t$	10 mL 0,15 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M					t = ... LR = ...	
		10 mL 0,1 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M					T = ... LR = ..	
	$2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} \rightarrow$	1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$		27°C	larutan	Tanpa		

	$2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$				katalis		Suhu dan konsentrasi tetap
		1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$	27°C		+ katalis $\text{FeCl}_2(aq)$		
		1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$	27°C		+ katalis $\text{MnO}_{2(s)}$		

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan dalam tabel berikut.

Alat	Bahan
Perangkat melakukan reaksi kimia dengan gelas kimia dengan berbagai variasi : 6 buah gelas kimia ukuran 50 mL, 6 buah erlen meyer 100 mL, labu ukur 50 mL dan 100 mL, pipet ukur (pipet gondok 5 mL dan pipet gradasi 5 mL), batang pengaduk, tabung penampung dan pengukur volume gas, termometer dan <i>stopwatch</i>	- logam atau batu kapur (CaCO_3) - larutan 2M HCl - natrium tiosulfat - larutan KI - larutan hidrogen peroksida 2M - larutan $\text{FeCl}_{2(aq)}$ atau $\text{MnO}_{2(s)}$ - sedikit larutan detergen

Prosedur ringkas pengambilan data eksperimen untuk pembuktian hipotesis sesuai dengan rancangan dan video pengambilan data dalam lembar kerja sebagai berikut. Hipotesis melibatkan empat faktor yang memengaruhi laju reaksi sebagai variabel bebas.

(1) Pengaruh luas permukaan sentuh/kontak reaksi bisa dibuktikan dengan membandingkan laju pembentukan gas CO_2 dari 1 gram bongkahan batu kapur dan 1 gram serbuk batu kapur. Setiap variasi luas permukaan (ukuran butir) direaksikan dengan 50 mL 2 molar larutan HCl. Reaksi bisa dilakukan dengan menggunakan dua set rangkaian alat penampung dan pengukur gas CO_2 produk dari reaksi satu (a) untuk 1 gram bongkahan CaCO_3 dengan 50 mL 0,2 M HCl dan satu lagi (b) untuk 1 gram serbuk CaCO_3 dengan 50 mL 0,2 M HCl. Waktu pencapaian untuk sejumlah volume gas yang sama dan/atau hingga salah satu reaktan habis dicatat. Eksperimen juga boleh dilakukan secara bergantian jika tersedia satu set alat. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh luas permukaan.

(2) Pengaruh suhu terhadap laju reaksi dapat diungkap dari variasi waktu yang dibutuhkan oleh variasi suhu sampel (misalnya 27°C dan 37°C) untuk mengaburkan tanda silang oleh reaksi antara natrium tiosulfat dan larutan HCl dengan konsentrasi setiap reaktan tetap. Misalnya setiap variasi sampel melibatkan reaksi antara 25 mL 0,15M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan larutan HCl yang diencerkan (yakni 10 mL 0,75 M HCl + 15 mL aquades) dengan total volume campuran reaksi 50 mL atau 50 mL campuran yang mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan 0,075 M HCl. Di bawah gelas kimia tempat reaksi dibuat tanda silang dengan warna dan ketebalan yang sama. Satu dilakukan pada suhu kamar (27°C) dan satu lagi dilakukan pada suhu 37°C (sebelum direaksikan setiap larutan reaktan direndam dalam penangas air bersuhu 37°C). Saat tanda silang tepat tidak terlihat lagi dalam reaksi, kekeruhan campuran tertentu atau kuantitas belerang produk persatuan volume adalah sama. Variasi waktu pencapaian menunjukkan variasi laju reaksi. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh suhu.

(3) Pengaruh konsentrasi dapat ditunjukkan oleh reaksi antara larutan H_2O_2 dan

larutan KI, misalnya pengaruh konsentrasi larutan H_2O_2 dengan variasi konsentrasi 0.15 M, 0,20, 0,25, dan 0,30M pada suhu sistem, konsentrasi larutan KI, dan keasaman yang sama. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh konsentrasi. Setiap sampel reaksi disiapkan secara terpisah (i) larutan 10 ml 0,20 M KI ditambah 5 mL 1,0 M HCl, (ii) 10 ml larutan H_2O_2 , dan (iii) 5 mL 0,10 M dalam glas kimia tempat reaksi dengan konsentrasi sesuai rancangan sampel $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang ditambah tiga tetes larutan amilum 1%. Setelah pencatatan waktu dengan stopwatch siap, reaksi dimulai dengan menambahkan larutan (i) dan (ii) bersamaan ke dalam larutan (iii) serta pencatat waktu diaktifkan mulai dari pencampuran. Campuran diaduk dan lama waktu hingga campuran mencapai warna biru yang konsistennya dicatat. Langkah demikian diulang hanya dengan menyesuaikan konsentrasi H_2O_2 larutan (ii) sesuai dengan variasi sampel. Konsentrasi setiap komponen reaksi dihitung ulang sesuai dengan total volum akhir campuran ketika warna biru tercapai. Laju reaksi pembentukan produk I_2 dapat dihitung adalah setengah dari mmol tiosulfat dibagi volum campuran dan waktu saat warna biru terjadi. Data sesuai dengan variasi sampel ditabelkan dan dibuat grafik laju reaksi konsentrasi H_2O_2 .

(4) Tahap eksperimen pembuktian pengaruh katalis dapat berupa laju reaksi penguraian larutan lama hidrogen peroksida dengan konsentrasi dan suhu yang sama, tetapi dengan kehadiran dan tanpa kehadiran katalis seperti MnO_2 atau ion Fe^{2+} . Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh katalis. Disiapkan tiga tabung reaksi, setiap tabung diisi dengan 5 mL 1,0 M H_2O_2 dan ditambah tiga tetes larutan deterjen. Pada waktu yang sama, tabung (i) ditambah MnO_2 (padatan sukar larut), tabung (ii) ditambah beberapa tetes larutan Fe^{2+} , dan tabung (iii) tanpa penambahan zat lain lagi. Ketiga tabung dikocok secukupnya dan kemudian didiamkan serta diamati. Untuk selang waktu yang sama tinggi buih yang timbul pada setiap tabung diukur dan dibandingkan.

Semua data hasil eksperimen dicatat dalam tabel pencatatan data sesuai dengan rancangan pembuktian hipotesis. Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel rancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama). Dengan pertimbangan efisiensi penulisan dokumen *micro learning* ini, tabel pencatatan data yang sekaligus sudah diisi dengan catatan data hasil eksperimen (akhir M3) dan tabel pengolahan data (awal M4) disajikan bersamaan (digabung) dalam Tabel 3.2.b.2.

Rangkuman hasil pengolahan data dalam Tabel 3.2.b.2 memberi interpretasi bahwa peningkatan luas permukaan, suhu, dan konsentrasi reaktan, serta kehadiran katalis mempercepat laju reaksi. Analisis data hasil eksperimen untuk keperluan menerima atau menolak semua hipotesis melibatkan pengolahan data dan diskusi tahapan-tahapan rasional (dialog tanya jawab) menuju hasil analisis untuk mengkonfirmasi kebenaran rumusan hipotesis seperti yang diminta dalam lembar kerja. Berikut hanya disajikan pembahasan sebagai perwujudan dialog tersebut.

Tabel 3.2.b2. Tabel catatan dan pengolahan eksperimen

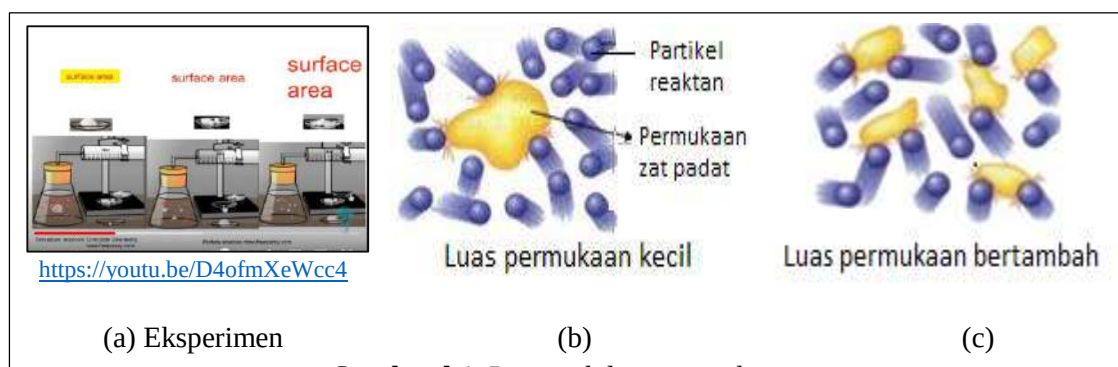
Hipotesis	VB						VT	VK
	Reaksi kimia	[reaktan 1]	[reaktan lain]	Suhu reaksi	Luas permukaan	Kehadiran katalis	Laju reaksi (1/t) atau perbedaan relatifnya	
Peningkatan suhu, konsentrasi, dan luas permukaan reaktan reaksi (peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volume), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat) menyebabkan laju reaksi semakin cepat.	$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_{(aq)}$	1 gram bongkahan batu kapur (CaCO_3)	50 mL 0,2 M HCl	27°C	<	Tanpa katalis	~ 1/t (padatan habis) >	Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gram serbuk dari bahan sama (CaCO_3)		27°C	>		>>	
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{3(aq)}$	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mengandung 0,075 M HCl	27°C	larutan	Tanpa katalis	>	Konsentrasi tetap dan tanpa katalis
	dengan total volume campuran reaksi 50 mL	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		37°C			>>	
	Larutan dengan total volume campuran reaksi 30 mL:	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10M	mengandung 0,075 M HCl	27°C	larutan	Tanpa katalis	$t = 14,88$ LR bentuk $I_2 = (0,25 \text{ mmol}/30)/14,88 = 1,12 \times 10^{-3}$	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, tanpa katalis
	• I: $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} + 2\text{KI}_{(aq)} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{I}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{KCl}_{(aq)}$ • II: $\text{I}_2 + 0,5 \text{ mmol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2 \text{ sisa}$ + amilum (biru)	10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					$t = 17,78 \text{ s}$ LR = $0,94 \times 10^{-3}$	
	Jadi 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \sim 0,25 \text{ mmol I}_2$, maka LR pembentukan I_2 dari reaksi H_2O_2 dan $\text{KI} = 1/t \times (0,25 \text{ mmol}/30 \text{ mL})$	10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					$t = 22,51 \text{ s}$ LR = $0,74 \times 10^{-3}$	
		10 mL 0,15 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,05 M					$t = 30,21 \text{ s}$ LR = $0,55 \times 10^{-3}$	
		10 mL 0,1 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M					$t = 43,88 \text{ s}$ LR = $0,38 \times 10^{-3}$	
	$2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$	1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$		27°C	larutan	Tanpa katalis	<	Suhu dan konsentrasi tetap
		1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$		27°C		+ katalis $\text{FeCl}_2(aq)$	>	
		1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$		27°C		+ katalis $\text{MnO}_2(s)$	>	

Luas Permukaan

Seperti kajian pembelajaran sesi pertemuan sebelumnya bahwa semakin luas permukaan sentuh (tempat tumbukan terjadi) akan menambah terjadinya tumbukan antarpartikel reaktan. Pemecahan kayu menjadi serpihan-serpihan (menjadi bagian yang lebih kecil) yang lebih kecil akan menambah luas permukaan kayu. Perluasan permukaan sentuh memperbesar jumlah tumbukan antar partikel reaktan. Dengan demikian hasil eksperimen bahwa serpihan-serpihan kayu yang terbakar lebih cepat membenarkan teori bahwa penambahan luas permukaan reaktan akan mempercepat laju reaksi.

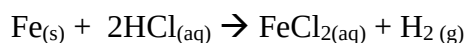
Pengaruh luas permukaan bidang sentuh terhadap laju reaksi dapat diamati dari reaksi yang melibatkan pereaksi dalam bentuk padatan. Untuk sistem reaksi homogen dalam fase gas maupun larutan cair, partikel-partikel reaktan sudah dalam bentuk atom, molekul, dan/atau ion (molekuler) yang terdistribusi merata. Dengan demikian pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi tidak akan terjadi pada sistem reaksi yang homogen (larutan cair dan/atau gas).

Bukti hasil percobaan lain laju reaksi antara larutan 2 M HCl dengan batu kapur atau besi dalam bentuk serbuk lebih cepat dari laju reaksi dalam bentuk batangan besi



Gambar b1. Pengaruh luas permukaan

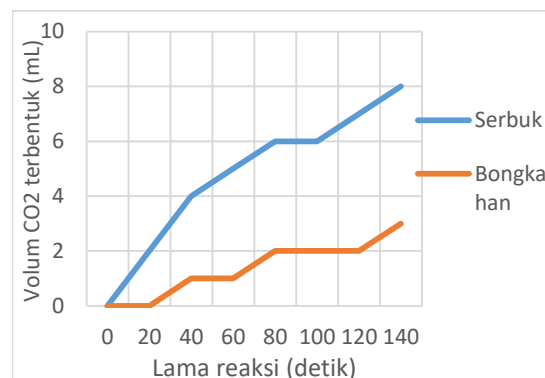
atau bongkahan batu kapur untuk massa yang sama. Reaksi antara besi dengan larutan HCl menghasilkan gas H_2 , sedangkan reaksi antara batu kapur dan HCl menghasilkan gas karbondioksida. Reaksi pembentukan gas ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas CO_2 , yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas CO_2 terbentuk dalam tabung penampung.

Tabel 3.2.b.3. Volum (mL) gas CO₂ terbentuk dalam interval waktu

No	Lama reaksi (detik)	50 ml 1,0 M HCL	
		+ 1 gr CaCO ₃ serbuk	+ 1 gr CaCO ₃ bongkahan
1	0	0	0
2	20	2	0
3	40	4	1
4	60	5	1
5	80	6	2
6	100	6	2
7	120	7	2
8	140	8	3



Gambar b1. Laju pembentukan gas CO₂ dari serbuk dan bongkahan batu kapur

Dari sumber pustaka rujukan didapat data hasil eksperimen untuk logam besi dengan larutan 3 molar HCl sebagai berikut.

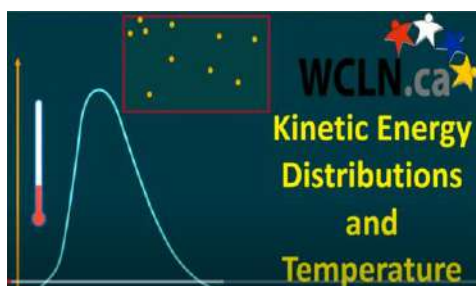
No	Bentuk besi (0,5 gram)	Waktu (s) balon karet mulai berdiri
1	batangan besi (paku)	34
2	serbuk besi	7

Berdasarkan data dalam Tabel 3.2.b.5, dapat dilihat bahwa laju reaksi serbuk besi lebih cepat dari laju reaksi batangan paku. Besi berbentuk serbuk memiliki ukuran butir-butir yang lebih kecil dibandingkan besi berbentuk batangan (paku). Atau secara kualitatif cepat jumlah gelembung yang muncul berkaitan dengan kecepatan reaksi yang terjadi. Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi besi berbentuk serbuk berlangsung lebih cepat dibandingkan bentuk batangannya.

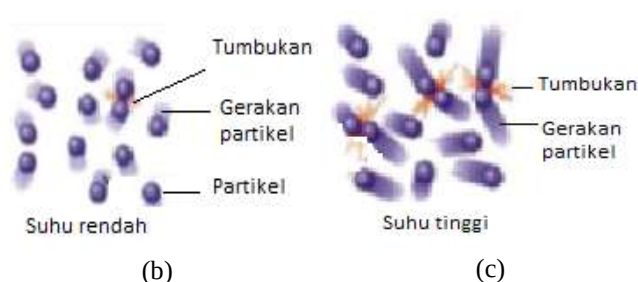
Besi yang berbentuk serbuk memiliki luas permukaan sentuh (kontak reaksi) lebih besar) mempunyai laju reaksi yang lebih besar dibandingkan bentuk batangannya (luas permukaan lebih kecil). Adanya perbedaan ukuran zat-zat (padat) atau luas permukaan zat yang bereaksi menyebabkan laju reaksi berbeda, karena reaksi kimia terjadi pada permukaan zat (padat). Perbedaan laju reaksi akibat perbedaan ukuran partikel-partikel zat padat reaktan tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel-partikel zat padat) dari suatu zat reaktan, maka luas permukaan bidang sentuh reaksi zat tersebut semakin besar. Luas permukaan bidang sentuh reaksi yang semakin besar mengakibatkan frekuensi terjadinya tumbukan semakin banyak. Apabila frekuensi tumbukan semakin banyak maka peluang terjadinya suatu reaksi akan semakin besar, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat.

Temperatur

Data hasil percobaan yang dilakukan menunjukkan bahwa laju reaksi semakin besar seiring naiknya temperatur. Hasil demikian sejalan konsepsi awal dalam paragraaf fenomena dan penjelasan dalam berbagai sumber pustaka sebagai berikut. Peningkatan frekuensi tumbukan efektif antarpartikel reaktan pada suhu berbeda yang menghasilkan reaksi diilustrasikan dalam video animasi (Gambar b2a) dan Gambar b2b dan b2c.



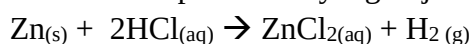
Gambar b2. (a) Jumlah partikel dengan E_A (<https://youtu.be/xaXDARPYxyQ>)



pada gambar b dan c menunjukkan kecepatan partikel. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (a, b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan temperatur tinggi memiliki gerakan partikel-partikel suatu yang lebih cepat (jumlah partikel dengan E_A lebih banyak) dibandingkan zat tersebut dengan suhu rendah, dan (2) tambahan kecepatan partikel juga menyebabkan frekuensi terjadinya tumbukan pada suatu zat dengan suhu tinggi lebih banyak dibandingkan pada suatu zat dengan temperatur rendah.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa temperatur zat berhubungan dengan perbedaan fraksi tumbukan efektif. Semakin tinggi temperatur suatu zat atau reaktan maka pergerakan partikel dari reaktan tersebut akan semakin cepat. Kecepatan partikel sebanding dengan energi kinetik partikel tersebut. Semakin cepat pergerakan partikel suatu reaktan maka energi kinetik partikelnya akan semakin besar (banyak partikel dengan energi kinetik $< E_A$ berubah menjadi memiliki $E_k > E_A$ dan juga frekuensi tumbukan lebih besar jika volum ruang reaksi tetap). Pergerakan partikel yang semakin cepat dan tambahan jumlah partikel yang memiliki $E_k > E_A$ yang semakin banyak mengakibatkan frekuensi tumbukan yang menghasilkan reaksi semakin banyak, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat. Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan per satuan waktu.

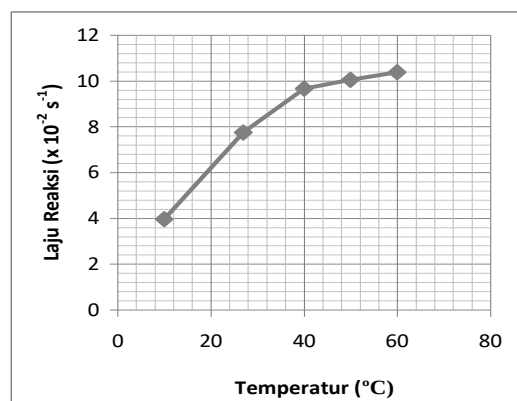
Peningkatan suhu reaksi yang menyebabkan laju reaksi meningkat dibenarkan dari hasil percobaan. Laju reaksi antara larutan tiopsulfat dengan larutan HCl (dengan pengamatan lama waktu tanda silang di balik campuran reaksi tidak terlihat lagi) lebih cepat terjadi pada suhu yang lebih tinggi. Percobaan dua variasi suhu (27°C dan 37°C) dilakukan dalam 50 mL volum larutan yang mengandung 0,075 M natrium tiopsulfat dan 0,075 HCl mendapatkan lama waktu hingga tanda silang hilang adalah 45 detik untuk 37°C dan 1 menit 17 detik untuk suhu 27°C. Laju reaksi terjadi lebih cepat dalam suhu yang lebih tinggi. Hasil percobaan yang lebih teliti diperoleh dari sumber lain dengan kuantitas terukur lebih jelas untuk reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl 1 M pada untuk lima variasi suhu. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H_2 yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas dan jumlah gas yang terbentuk dalam waktu tertentu dapat diukur. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Percobaan dilakukan dengan variasi temperatur sampel 10°C, 27°C, 40°C, 50°C, dan 60°C. Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas H_2 , yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volum tertentu gas H_2 terbentuk (Tabel 3.2.b.4).

Tabel 3.2.b.4. Waktu terbentuknya gas H_2 dengan volum tertentu (membuat balon yang sama mulai berdiri)

No	Temperatur ($^{\circ}C$)	Waktu (s)	Laju Reaksi (s^{-1})
1	10 $^{\circ}C$	25,27	$3,96 \times 10^{-2}$
2	27 $^{\circ}C$	12,92	$7,74 \times 10^{-2}$
3	40 $^{\circ}C$	10,35	$9,66 \times 10^{-2}$
4	50 $^{\circ}C$	9,95	$10,05 \times 10^{-2}$
5	60 $^{\circ}C$	9,64	$10,37 \times 10^{-2}$

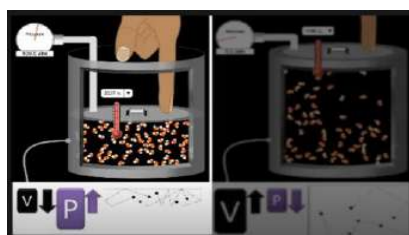


Gambar b3. Laju reaksi terbentuknya H_2 pada temperatur bervariasi

Pada suhu yang lebih tinggi partikel-partikel reaktan ion $S_2O_3^{2-}$ dan ion H^+ dalam reaksi antara tiosulfat dengan HCl maupun ion-ion H^+ dari larutan HCl dalam reaksinya dengan logam besi bergerak lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi. Banyak partikel dalam suhu yang rendah memiliki energi kinetik lebih kecil dari energi aktivasi dan tumbukannya tidak menghasilkan reaksi. Peningkatan suhu meningkatkan gerakan partikel-partikel tersebut. Semakin tinggi peningkatan suhu semakin banyak partikel-partikel tersebut yang mengalami peningkatan energi kinetik yang melampaui E_a (diilustrasikan oleh video Gambar b2a) dan peningkatan fraksi partikel dengan tumbukan efektif diilustrasikan oleh Gambar b2c terhadap Gambar b2b. Peningkatan fraksi jumlah partikel yang memiliki $E_k > E_a$ itulah yang menyebabkan reaksi semakin cepat dengan peningkatan suhu reaksi.

Konsentrasi

Jumlah partikel sebanding dengan kerapatan antarpartikel yang ditunjukkan oleh konsentrasi zat. Sistem reaksi berfase gas khususnya, peningkatan konsentrasi bisa didapat dengan memperbesar tekanan pada suhu tetap. Partikel-partikel suatu reaktan dalam larutan tidaklah diam, melainkan selalu bergerak. Meskipun suhu tetap, jumlah partikel yang semakin banyak atau jarak antarpartikel yang semakin rapat (dekat) per satuan volum mengakibatkan frekuensi terjadinya tumbukan semakin banyak. Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan yang terjadi per satuan waktu. Dalam konsentrasi reaktan yang lebih besar, laju reaksi semakin cepat terjadi karena frekuensi tumbukan yang menghasilkan reaksi kimia semakin besar.



<https://youtu.be/dSEIVEI2-cw>

(a)



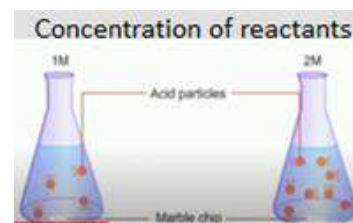
(b)

(a)

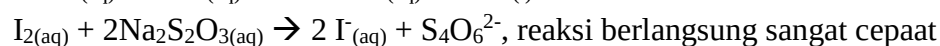
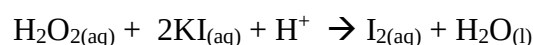
Gambar b3. Pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi

Gambar b3(b) menunjukkan partikel-partikel suatu zat reaktan pada konsentrasi rendah, sedangkan gambar (c) merupakan partikel-partikel zat tersebut pada konsentrasi

tinggi. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan konsentrasi tinggi memiliki jumlah partikel persatuan volum yang lebih banyak dibandingkan suatu zat dengan konsentrasi rendah, sehingga memiliki jarak antarpartikel yang lebih rapat dibandingkan suatu zat dengan konsentrasi rendah, tetapi distribusi jumlah partikel dengan energi kinetiknya tidak berubah, dan (2) frekuensi terjadinya tumbukan dalam larutan suatu zat dengan konsentrasi tinggi lebih banyak dibandingkan dalam larutan suatu zat dengan konsentrasi yang lebih rendah. Peningkatan frekuensi tumbukan per satuan volum hanya dikontribusi oleh kerapatan partikel membesar yang tidak melibatkan peningkatan jumlah partikel dengan E_A yang meningkat seperti pada pengaruh suhu.

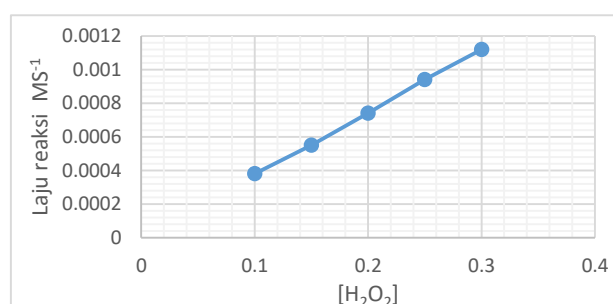


Eksperimen pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi untuk reaksi antara larutan KI dan Larutan H_2O_2 dalam suasana asam membentuk larutan I_2 . Reaksi yang dilibatkan sebagai berikut.



Dengan menghadirkan sejumlah tertentu larutan natrium tiosulfat sebagai pembatas pengukuran sejumlah produk I_2 yang sudah terbentuk (misalnya 5 mmol = 5 mL 0,10 M $Na_2S_2O_3$ untuk setiap reaksi simple) sebagai kuantitas pembatas ($<$ mmol I_2 yang terbentuk) dan indikator amilum (ketika muncul warna biru yang konsisten) menunjukkan sejumlah I_2 (misalnya 2,5 mmol I_2 per volum saat warna biru tercapai ekuivalen dengan 5 mmol $Na_2S_2O_3$). Laju untuk pembentukan sejumlah produk I_2 adalah setengah dari mmol $Na_2S_2O_3$ per volum larutan campuran saat reaksi mencapai warna biru tersebut. Tabel (Tabel 3.1.1.5) menyajikan variasi laju reaksi tersebut pada konsentrasi H_2O_2 yang bervariasi.

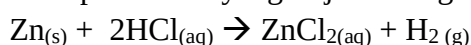
No	$[H_2O_2]$	Waktu (s)	Laju Reaksi (MS^{-1})
1	0,10 M	43,88	$0,38 \times 10^{-3}$
2	0,15 M	30,21	$0,55 \times 10^{-3}$
3	0,20 M	22,51	$0,74 \times 10^{-3}$
4	0,25 M	17,78	$0,94 \times 10^{-3}$
5	0,30 M	14,88	$1,12 \times 10^{-3}$



Gambar b4. Laju reaksi terhadap variasi $[H_2O_2]$

Data dalam Tabel Tabel 3.2.b.4 dan grafik Gambar b4 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi reaktan H_2O_2 laju reaksi semakin cepat.

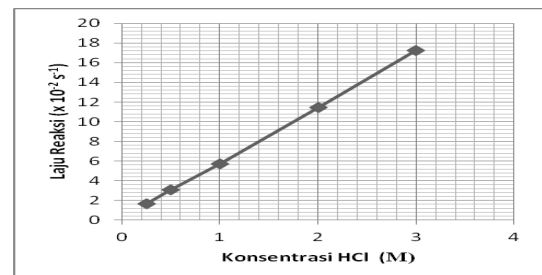
Contoh eksperimen lain pengaruh konsentrasi dari sumber pustaka menggunakan reaksi antara logam seng dengan massa yang sama dan larutan HCl dengan konsentrasi HCl yang bervariasi yakni 0,25 M; 0,5 M; 1 M; 2 M; dan 3 M. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H_2 yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas H_2 , yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas H_2 terbentuk. Pembentukan gas H_2 dengan volum tertentu dan harga kebalikan waktu (s^{-1}) yang mempresentasikan laju reaksinya disajikan dalam bentuk Tabel (3.2.b.5) dan grafik Gambar b4.

Tabel 3.2.b.5. Lama pembentukan gas H_2 dengan volum tertentu

No	[HCl]	Waktu (s)	Laju reaksi (s^{-1})
1	0,25 M	59,88	$1,67 \times 10^{-2}$
2	0,50 M	32,47	$3,08 \times 10^{-2}$
3	1,00 M	17,51	$5,71 \times 10^{-2}$
4	2,00 M	8,73	$11,45 \times 10^{-2}$
5	3,00 M	5,80	$17,25 \times 10^{-2}$



Gambar b5. Laju Reaksi terhadap variasi konsentrasi HCl

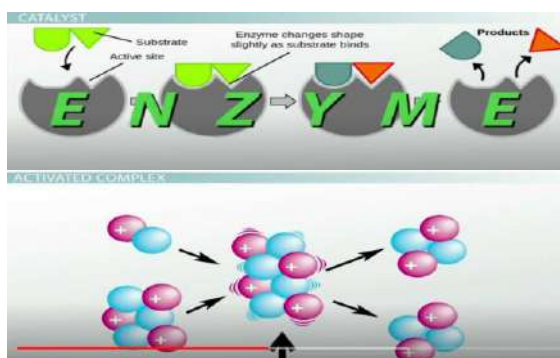
Data dalam Tabel 3.2.b.5 dan grafik Gambar b5 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi reaktan HCl laju reaksi semakin cepat.

Hasil kedua eksperimen untuk kedua sampel jenis (Gambar b4 dan b5) membenarkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Jumlah tumbukan antarpartikel reaktan yang menghasilkan reaksi lebih banyak adalah reaktan dengan konsentrasi lebih besar dibanding dengan reaktan dengan konsentrasi yang lebih kecil.

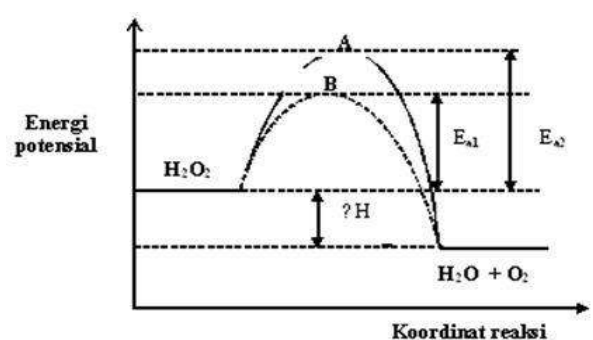
Katalis

Katalis terlibat dalam menurunkan energi pengaktifan (aktivasi) melalui pembentukan kompleks teraktivasi dalam mempercepat reaksi. Katalis terbentuk kembali ketika pembentukan produk. Gambar b5 mengilustrasikan secara umum katalis menurunkan energi pengaktifan melalui pembentukan spesi kompleks teraktivasi.

Grafik b6 menunjukkan pembentukan spesi kompleks teraktivasi dengan adanya katalis. Gambar b6 grafik A menunjukkan jalan atau jejak reaksi (*parthway*) reaksi tanpa adanya penambahan katalis dengan energi pengaktifan lebih tinggi dibandingkan energi pengaktifan dari grafik B dengan kehadiran katalis. Tingginya energi pengaktifan yang dimiliki oleh reaksi tanpa menggunakan katalis menyebabkan energi kinetik dari



(a) Pembentukan molekul kompleks teraktivasi dengan katalis (<https://youtu.be/dcbWDPQ4ghY>)

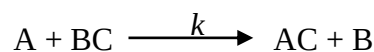


(b) Grafik energi aktivasi reaksi dengan dan tanpa katalis (A tanpa katalis dengan energi aktivasi tinggi) dan (B energi aktivasi lebih rendah dengan katalis)

Gambar b6. Pengaruh katalis terhadap laju reaksi

molekul-molekul yang bertumbukan kurang mampu untuk melampaui energi pengaktifan (energi kinetik minimal dari partikel untuk menghasilkan reaksi kimia, sehingga produk akan sulit terbentuk dan reaksi tanpa bantuan katalis akan berlangsung lebih lambat. Sementara grafik B menggambarkan reaksi yang dikatalisis. Hal tersebut dapat dilihat dari energi pengaktifan yang ditunjukkan oleh grafik B lebih rendah dibandingkan energi pengaktifan dari grafik A. Lebih rendahnya energi pengaktifan yang disyaratkan oleh suatu reaksi agar energi kinetik untuk melampaui energi pengaktifan untuk menghasilkan reaksi lebih mudah. Produk akan lebih mudah terbentuk dan reaksi dengan bantuan katalis akan berlangsung lebih cepat. Dengan kata lain, katalis akan mempercepat laju reaksi melalui penurunan energi pengaktifan oleh katalis.

Katalis mempercepat reaksi dengan menyediakan serangkaian tahapan elementer dengan kinetika yang lebih baik dibandingkan tanpa katalis. Misalnya, reaksi berikut memiliki konstanta k dan energi aktivasi E_a tertentu.



Namun demikian, dengan kehadiran katalis, konstanta lajunya adalah k_c (disebut konstanta laju katalitik).



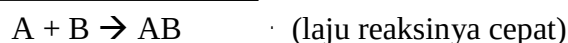
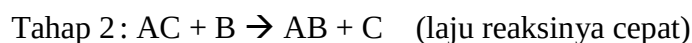
Berdasarkan definisi katalis, $\text{laju}_{\text{berkatalis}} > \text{laju}_{\text{takberkatalis}}$

Grafik (Gambar b6 grafik A dan grafik B) menunjukkan profil energi potensial untuk kedua reaksi. Meskipun reaktan dan produknya sama dalam kedua kasus ini, mekanisme dan hukum lajunya berbeda untuk kedua bentuk grafik. Perhatikan, energi potensial reaktan dan produk tidak dipengaruhi oleh katalis. Satu-satunya yang dipengaruhi oleh katalis adalah energi aktivasi. Katalis mempercepat laju reaksi melalui pembentukan kompleks reaktan katalis dengan energi aktivasi yang lebih rendah (kompleks teraktivasi memiliki energi potensial berbeda dengan reaktan). Tambahan terjadinya tahap reaksi pembentukan kompleks teraktivasi yang energi potensialnya rendah menyebabkan reaksi bertambah cepat, karena kehadiran kompleks teraktivasi sebagai bentuk intermediat yang tidak stabil (energi potensial rendah). Dalam suatu reaksi kimia, katalis ikut terlibat dalam reaksi, namun partikel katalis akan terbentuk kembali setelah produk terbentuk dan tidak mengalami penambahan (tidak berkurang). Katalis mempercepat laju reaksi dengan cara ikut terlibat membentuk kompleks teraktivasi yang memiliki energi aktivasi lebih rendah, namun di akhir reaksi akan terbentuk kembali. Untuk menurunkan energi aktivasi, katalis memberikan jalan alternatif terhadap zat reaktan agar reaksi dapat berlangsung.

Katalis Homogen

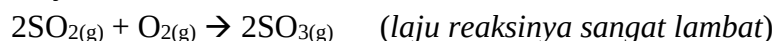
Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase yang sama dengan reaktan yang dikatalisisnya, biasanya dalam fase cairan. Cara kerja katalis homogen dalam mempercepat laju reaksi adalah membentuk zat antara. Misalnya reaksi $A + B \rightarrow AB$ terjadi sangat lambat. Kehadiran katalis (C) dapat mempercepat laju reaksi melalui

tahapan reaksi sebagai berikut.

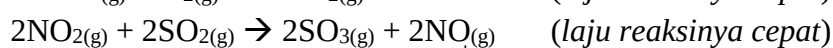


AC merupakan zat antara (intermediat).

Contoh reaksi yang melibatkan senyawa antara adalah reaksi fase gas antara gas SO₂ dan gas O₂ membentuk gas SO₃ dalam industri yang menggunakan katalisator gas NO. Tahapan reaksinya:



Mekanisme reaksi menggunakan katalisator gas NO:



NO₂ merupakan senyawa antara dan pada akhir reaksi katalisator gas NO terbentuk kembali.

Katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fase berbeda dengan reaktan yang dikatalisis. Biasanya katalis berupa padatan dan reaktan berwujud gas atau cairan. Cara kerja katalis heterogen diawali proses adsorpsi. Dalam hal ini, katalisator yang berwujud padat mampu mengikat sejumlah gas atau cairan dari partikel zat reaktan pada permukaan katalisator. Misalnya, nikel atau platinum dalam bentuk bubuk halus mampu mengadsorpsi sejumlah besar aneka ragam gas. Gaya tarik menarik antara atom logam dan molekul gas dapat memperlemah ikatan kovalen pada molekul gas, dan bahkan dapat memutuskan ikatan itu. Akibatnya, molekul gas yang teradsorpsi pada permukaan logam ini menjadi lebih reaktif daripada molekul gas yang tidak teradsorpsi.

Hasil percobaan pengaruh katalis terhadap laju reaksi untuk contoh reaksi dekomposisi larutan H₂O₂ dengan dan tanpa penambahan MnO₂. Reaksi ini menghasilkan gas O₂ yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Persamaan reaksi dekomposisi hidrogen peroksida adalah

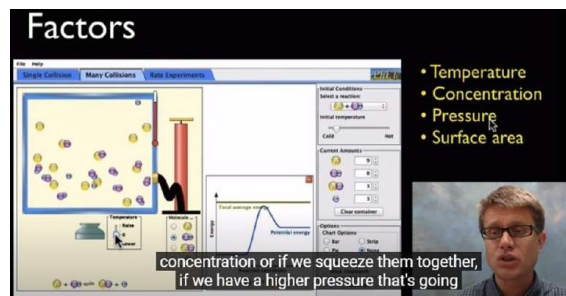


Banyaknya gelembung gas yang terbentuk dalam selang waktu tertentu laju reaksi tersebut. Data hasil percobaan penguraian larutan H₂O₂ dengan dan tanpa kehadiran MnO₂ disajikan dalam Tabel 3.2.b.6. Massa MnO₂ atau ion Fe²⁺ tidak berkurang setelah reaksi selesai.

Tabel 3.2.b.6. Laju pembentukan gas O₂ yang terjadi

No	Larutan	Pengamatan	Keterangan
1	H ₂ O ₂ + MnO ₂	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan MnO ₂
2	H ₂ O ₂ + Fe ²⁺	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan Fe ²⁺
3	H ₂ O ₂	sedikit gelembung (lambat)	tanpa penambahan MnO ₂ atau ion Fe ²⁺

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa jumlah gelembung gas (O_2) yang muncul pada dekomposisi H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 (larutan 1) lebih banyak dibandingkan dekomposisi H_2O_2 tanpa penambahan MnO_2 (larutan 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa dekomposisi H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 berlangsung lebih cepat dibandingkan dekomposisi H_2O_2 tanpa penambahan MnO_2 . Dalam larutan 1, MnO_2 mempercepat laju reaksi tanpa mengalami perubahan pengurangan massa ketika reaksi selesai. Dengan demikian, penambahan MnO_2 dalam reaksi penguraian H_2O_2 berfungsi sebagai katalis yang mempercepat laju reaksi. Dalam konteks katalis berfase padat, umumnya reaktan bertumbukan dengan katalis yang sempat menempel pada permukaan katalis (dapat bergerak dan berpropagasi/penataan struktur elektroniknya yang memfasilitasi percepatan reaksi ke arah produk). Dengan demikian penempelan (agregasi) atau pembentukan kompleks teraktifasi sementara parikel reaktan pada katalis (spesi intermediat) dapat menurunkan energi pengaktifan reaksi tersebut. Sampel eksperimen pengaruh katalis terhadap laju reaksi antara larutan tiosulfat dengan larutan $Fe(NO_3)_2$ dengan katalis larutan $FeSO_4$ atau $CoCl_2$ atau larutan $CuSO_4$.

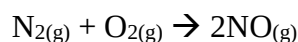


<https://youtu.be/6mAqX31RRJU>



https://youtu.be/chNcfHX_CaI

Banyak contoh laju reaksi lain yang dipercepat oleh katalis yang bisa tidak sesuai keinginan (tidak diperlukan) atau bisa sesuai keinginan (diperlukan). Minyak lebih cepat tengik jika disimpan dalam kaleng besi dibandingkan jika disimpan dalam botol kaca. Besi sebagai bahan kaleng besi tidak berkurang massanya setelah minyak tersebut tengik. Dalam hal ini besi hanya mempercepat proses terjadinya ketengikan. Besi dalam proses ketengikan minyak tersebut dianggap sebagai katalis. Pada suhu tinggi di dalam mesin mobil yang sedang berjalan, gas nitrogen dan oksigen bereaksi membentuk nitrat oksida:



Ketika lepas ke atmosfer, NO segera bergabung membentuk NO_2 . Nitrogen dioksida dan gas lain yang dikeluarkan oleh mesin mobil, seperti karbonmonoksida (CO) dan berbagai hidrokarbon yang tidak terbakar menjadikan sumber utama pencemar udara. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dalam kendaraan bermotor dipasang katalis oksida logam transisi atau logam mulia (padatan), seperti logam platinum pada saluran pembuangan mesin (knalpot) yang akan dilewati oleh gas buang. Katalis ini dimanfaatkan untuk mengubah gas buangan kendaraan bermotor yang berbahaya, yaitu CO, NO, dan NO_2 menjadi CO_2 serta N_2 dan O_2 yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Hasil eksperimen keseluruhan membenarkan teori keempat faktor yang memengaruhi laju reaksi dengan konsepsi ilmiah sebagai berikut. Semakin besar konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan (semakin banyak tumbukan efektif

partikel reaktan per satuan volum) serta dengan kehadiran katalis (membentuk kompleks teraktivasi intermediat dengan E_a menurun) menyebabkan laju reaksi semakin cepat. Hasil eksperimen membenarkan rumusan hipotesis yang dirumuskan secara deduktif.

c. Tugas *micro learning* deduktif faktor memengaruhi laju reaksi

- i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan isian lembar kerja 5M deduktif sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran.

- 1). Isian kegiatan 5M dalam *worksheet*

- 2a). Buat rangkuman jenis pengetahuan dan keterkaitannya dalam bentuk isian tabel jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual sebab-akibat) yang disasar serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis berikut.

Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p. Prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta-kognitif

- b. Buat rangkuman deskriptif untuk kegiatan 5M ilmiah deduktif

Rangkuman kegiatan *micro learning* deduktif mengikuti siklus belajar 5M sebagai berikut (deskripsi ringkas tujuan, hasil kegiatan setiap fase 5M ilmiah untuk mencapainya, dan rasional/kesesuaian temuan dengan kajian pustaka).

- ii. Tugas perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang konsep faktor yang memengaruhi laju reaksi) yang ada dalam di dalam chapter (*sample problem* dan *follow up problem*) maupun pada akhir dalam Chapter 16 dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2010), Principle of General Chemistry. Second Edition New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. atau sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

Referensi

- Silberberg, M.S. (2010). Principle of General Chemistry. Second Edition (atau edisi yang lebih baru). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
- Chand, R., (2002). Chemistry. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Sumber internet lainnya untuk kajian laju reaksi.

C. Tes Formatif Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

TES FORMATIF MICRO LEARNING FATOR YANG MEMENGARUHI LAJUR REASKSI

Soal pilihan dapat diprogramkan secara efektif dan efisien melalui daring

Pilih satu jawaban yang paling benar dan lengkap!

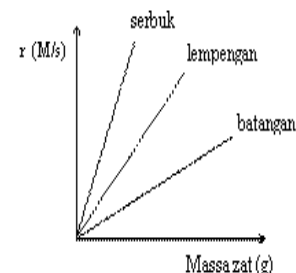
1. Sejumlah percobaan antara logam $Zn_{(s)}$ dan larutan HCl dengan data sebagai berikut.

No	[HCl]	Waktu (s)
1	0,25 M	59,88
2	0,50 M	32,47
3	1,00 M	17,51
4	2,00 M	8,73
5	3,00 M	5,80

Pernyataan berikut yang benar untuk eksperimen itu adalah

- Membuktikan hipotesis “makin besar luas permukaan laju reaksi makin cepat”
 - Membuktikan hipotesis “makin besar konsentrasi reaktan laju reaksi makin cepat”
 - Variabel bebas berupa waktu reaksi
 - Variabel terikat berupa konsentrasi
 - Jawaban b dan d benar
2. Dalam percobaan penentuan laju reaksi antara logam seng an larutan asam klorida (HCl) dilakukan rancangan percobaan dalam tabel dan mendapatkan data dalam grafik di sebelah kanan.

Percobaan	Suhu	[HCl]	Logam seng
1	25°C	1,0 M	lempengan
2	25°C	0,5 M	lempengan
3	25°C	1,0 M	serbuk
4	40°C	0,5 M	serbuk



Dari rancangan percobaan di atas, percobaan yang dapat dilakukan untuk menentukan pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi adalah...

- percobaan 1 dan 2
 - percobaan 1 dan 3
 - percobaan 2 dan 3
 - percobaan 2 dan 4
 - percobaan 3 dan 4
3. Perhatikan grafik hubungan antara laju reaksi (r) dalam Molar per detik (atau M/s) terhadap massa zat (g) di samping. Grafik di atas menggambarkan laju reaksi antara massa awal logam besi yang sama dalam berbagai bentuk (serbuk, lempengan dan batangan) yang bereaksi dengan larutan HCl 6 M pada suhu tertentu. Berdasarkan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbedaan laju reaksi dipengaruhi oleh....
- konsentrasi
 - temperatur
 - tekanan
 - katalis
 - luas permukaan

4. Reaksi dekomposisi H_2O_2 terjadi pada suhu 60°C menghasilkan gas O_2 dan air. Reaksi ditandai oleh munculnya gelembung-gelembung gas. Gas terbentuk lebih banyak melalui kehadiran serbuk batu kawi (MnO_2) dan setelah reaksi selesai massa batu kawi tidak berkurang. Berdasarkan uraian di atas, dapat dibuat hipotesis yang menyatakan bahwa pada konsentrasi H_2O_2 yang sama,...
- penambahan serbuk MnO_2 yang melepaskan oksigen dan bukan sebagai katalis yang menyebabkan gas oksigen yang terbentuk lebih banyak
 - peningkatan laju reaksi hanya disebabkan oleh peningkatan suhu dan tidak disebabkan oleh penambahan serbuk MnO_2
 - karena tidak mengalami pengurangan massa, serbuk MnO_2 yang ditambahkan tidak terlibat dalam reaksi dekomposisi H_2O_2
 - penambahan serbuk MnO_2 terlibat dalam reaksi sebagai katalis yang mempercepat dekomposisi H_2O_2 menghasilkan gas O_2 , MnO_2 terbentuk kembali bersamaan dengan terbentuknya gas O_2 .
 - pada suhu 60°C jumlah gelembung-gelembung gas O_2 yang dihasilkan per satuan waktu adalah sama meskipun ada kehadiran serbuk MnO_2
5. Untuk mempelajari pengaruh temperatur terhadap laju reaksi $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$ dilakukan beberapa kali percobaan dengan konsentrasi awal setiap reaktan (zat A maupun Zat B) adalah 1 M. Dari percobaan tersebut diperoleh data sebagai berikut.

Percobaan	T ($^\circ\text{C}$)	waktu terbentuknya C (menit)
I	25	2,5
II	35	2
III	45	1,5
IV	65	1
V	75	0,5

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa....

- pada konsentrasi A yang sama, laju reaksinya meningkat
 - semakin tinggi temperatur, laju reaksi semakin cepat
 - semakin tinggi temperatur, laju reaksi semakin lambat
 - laju reaksi tidak bergantung konsentrasi
 - pada konsentrasi A maupun B yang tetap, laju reaksi bertambah.
6. Suatu enzim mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam tubuh makhluk hidup. Berikut merupakan pernyataan yang benar tentang enzim adalah
- Enzim dapat menambah konsentrasi pereaksi dalam tubuh
 - Enzim hanya dapat bereaksi dengan semua substrat
 - Enzim dapat meningkatkan energi pengaktifan pembentukan produk
 - Enzim dapat menurunkan energi pengaktifan pembentukan produk
 - Enzim akan habis bereaksi dengan substrat menghasilkan produk

7. Beberapa percobaan variasi konsentrasi reaktan dilakukan untuk reaksi $A + B \rightarrow C$. Percobaan dilakukan pada temperatur 298K. Data yang diperoleh disajikan pada tabel berikut.

Percobaan	[A] (molar)	[B] (molar)	Waktu terbentuknya zat C (detik)
I	0,1	0,1	120
II	0,1	0,2	90
III	0,1	0,3	70
IV	0,2	0,1	120
V	0,3	0,1	120

Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa....

- A. pada temperatur yang sama, laju reaksinya meningkat
 - B. peningkatan konsentrasi zat A menyebabkan penurunan laju reaksi
 - C. peningkatan konsentrasi zat A menyebabkan peningkatan laju reaksi
 - D. peningkatan konsentrasi zat B tidak memengaruhi laju reaksi
 - E. peningkatan konsentrasi zat B menyebabkan peningkatan laju reaksi
8. Amoniak merupakan zat kimia yang disintesis dari gas N_2 dan H_2 dengan reaksi sebagai berikut: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$. Berikut adalah data laju reaksi pembentukan amoniak.

Percobaan	T (°C)	Keterangan	Waktu pembentukan produk (menit)	Jumlah produk (M)
I	25	Tanpa logam besi	60	0,05
II	75	Tanpa logam besi	45	0,05
III	25	Penambahan logam besi	30	0,05
IV	75	Penambahan logam besi	15	0,05

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa...

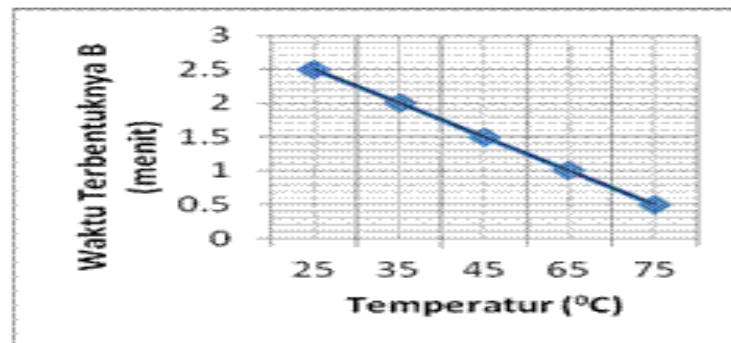
- A. Penambahan konsentrasi reaktan mempercepat laju reaksi
 - B. Peningkatan temperatur tidak memengaruhi laju reaksi
 - C. Penambahan logam besi dan temperatur mempercepat laju reaksi
 - D. Penambahan logam besi dan temperatur memperlambat laju reaksi
 - E. Penambahan logam besi tidak memengaruhi laju reaksi.
9. Diketahui mekanisme reaksi fase gas antara gas SO_2 dengan gas O_2 membentuk gas SO_3 menggunakan katalis homogen gas NO_2 adalah:



Berdasarkan mekanisme tersebut, dapat dirumuskan bahwa katalis ...

- A. mempercepat reaksi dalam pembentukan $SO_{3(g)}$
- B. memperlambat reaksi dengan membentuk senyawa antara (NO)
- C. mempercepat reaksi dengan pembentukan zat antara gas NO
- D. Jawaban a dan b benar
- E. Jawaban a dan c benar

10. Untuk menguji pengaruh temperatur terhadap laju reaksi penguraian $A \rightarrow B$ dilakukan beberapa kali percobaan dengan konsentrasi awal A setiap percobaan adalah 1 M. Dari percobaan tersebut diperoleh grafik hubungan waktu terbentuknya zat B terhadap variasi temperatur sebagai berikut.



Grafik tersebut menunjukkan reaksi semakin cepat dengan meningkatnya temperatur. Pernyataan berikut yang benar tentang pengaruh temperatur terhadap laju reaksi ditinjau dari teori tumbukan adalah...

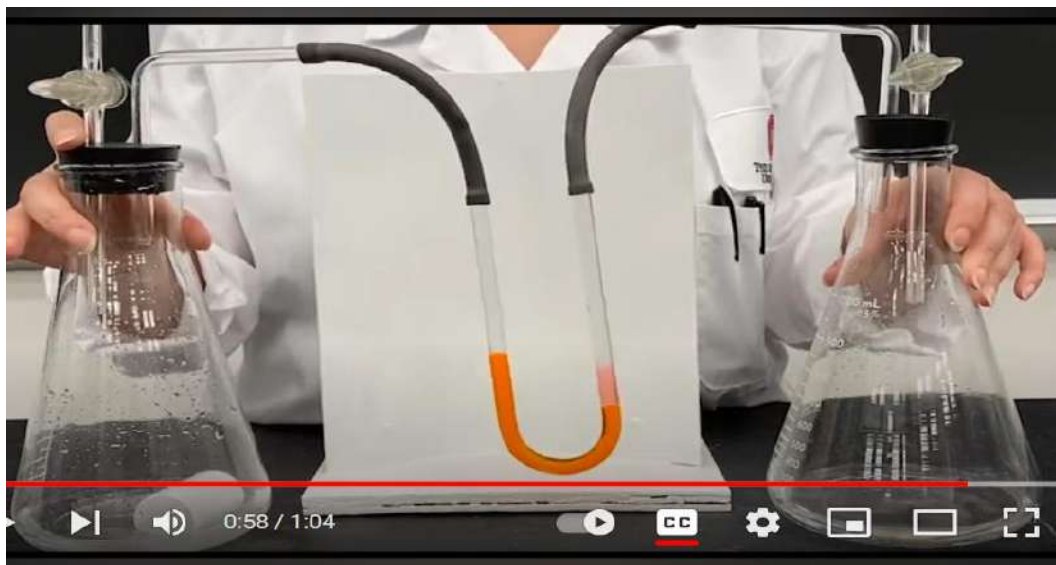
- A. Peningkatan temperatur menyebabkan energi potensial reaktan menurun sehingga reaksi berlangsung cepat
 - B. Peningkatan temperatur menyebabkan frekuensi tumbukan efektif semakin banyak dan waktu yang dibutuhkan semakin cepat
 - C. Peningkatan temperatur menyebabkan jarak antarpartikel reaktan A semakin rapat yang meningkat frekuensi tumbukan dan waktu dibutuhkan semakin cepat.
 - D. Peningkatan temperatur menyebabkan, tumbukan antarpartikel reaktan A terjadi dengan orientasi tumbukan yang sembarang
 - E. Peningkatan temperatur menyebabkan energi aktivasi reaksi menurun sehingga frekuensi tumbukan efektif semakin banyak.
11. Ibu Tuti menyimpan minyak *tandusan* dalam dua wadah terbuka yang berbeda, yaitu wadah botol kaca dan wadah dari logam, yaitu bekas kaleng biskuit. Setelah beberapa hari didiamkan, ternyata minyak *tandusan* yang disimpan dalam wadah logam lebih cepat tengik dibandingkan dengan minyak *tandusan* yang disimpan dalam wadah botol kaca. Pernyataan di bawah ini yang dapat menjelaskan fenomena tersebut adalah...
- A. Wadah botol kaca lebih bersih sehingga minyak menjadi tahan lama (tidak cepat tengik)
 - B. Logam mudah berkarat yang menyebabkan kontaminasi pada minyak sehingga minyak menjadi lebih cepat tengik
 - C. Wadah dari logam mudah menghantarkan panas sehingga minyak mengalami oksidasi, akibatnya minyak menjadi tengik
 - D. Logam berfungsi sebagai katalis yang dapat mempercepat laju reaksi oksidasi minyak sehingga minyak menjadi lebih cepat tengik
 - E. Minyak tidak membasahi kaca sehingga tidak mudah tengik.
12. Untuk mencegah pencemaran gas NO dan CO sebagai hasil pembakaran kendaraan bermotor, logam platina dipasang di dalam knalpot kendaraan bermotor. Dari informasi tersebut, pemanfaatan logam platina merupakan contoh penerapan pengaruh....

- | | | |
|----------------|-------------------|----------|
| A. konsentrasi | C. luas permukaan | E. logam |
| B. katalis | A. tekanan | |

4.2.3 Sepasang *micro learning* induktif dan deduktif penurunan tekanan uap larutan berbantuan video eksperimen

A. *Micro learning* induktif

***MICRO LEARNING* INDUKTIF** **PENURUNAN TEKANAN UAP LARUTAN** **(SUBTOPIK SIFAT KOLIGATIF LARUTAN)**



https://youtu.be/R_RADBrG8Vo

NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :

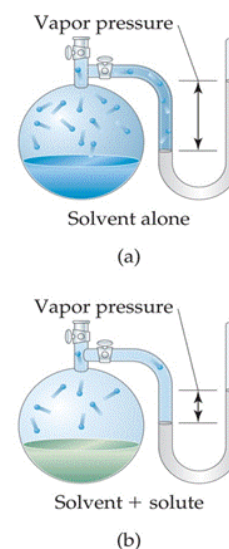
Naskah *micro learning* meliputi (a) lembar kerja, (b) informasi (teks) materi konstruksi konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

Tujuan pengetahuan dan keterampilan ilmiah

mampu menganalisis hubungan penurunan tekanan uap larutan dengan peningkatan konsentrasi partikel zat terlarut dalam larutan non-elektrolit dan elektrolit melalui eksperimen.

Fenomena

Tekanan parsial uap air murni (P_o) pada suhu 25°C sebesar 3167.0 pascal atau 23,7545 Torr atau mmHg atau 0.031256 atmosfer pada tekanan udara total satu atmosfer. Namun tekanan parsial uap air dari larutan (P) yang mengandung zat terlarut yang sukar menguap pada suhu yang sama (25°C) kurang dari 3167 pascal ($<23,75$ Torr) dan semakin rendah untuk larutan dengan zat terlarut yang semakin pekat. Fraksi mol zat terlarut larutan yang lebih pekat memiliki penurunan tekanan uap lebih besar. Lebih jauh, larutan elektrolit menunjukkan penurunan tekanan uap yang lebih besar. Fenomena sistematis sifat koligatif larutan yang diamati terkait dengan aspek molekuler (sub-mikroskopis partikel materi) dan simbolik perlu diungkap dalam membangun pengetahuan-pengetahuan konseptual sebab-akibat agar lebih berguna.



1. Mengamati

Berdasarkan fenomena yang telah diamati, informasi-informasi awal penting apa diperoleh (diamati) terkait percobaan membangun penurunan tekanan uap larutan.

Jawaban (daftar informasi awal menuju rumusan masalah):

Informasi faktual baru:	• • • dst.
Pengetahuan/konsepsi ilmiah prasyarat:	• • • dst.

Daftar informasi awal yang diharapkan

2. Menanya

Berdasarkan hal tersebut yang telah diamati, buatlah rumusan masalah klarifikasi (jika ada) dan masalah investigasi berkaitan penurunan tekanan uap larutan!

a. Pertanyaan klarifikasi (kejelasan informasi faktual awal dan pengetahuan prasyarat):

Pertanyaan investigasi (rumusan masalah yang akan dicari jawabannya melalui tahapan M3 dan M4):

- b. _____

3. Mengumpulkan data

a. Merumuskan hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah di atas, buatlah hipotesis atau jawaban sementara dari rumusan masalah investigasi yang telah dibuat!

b. Merancang percobaan/eksperimen (pembuktian hipotesis)

Untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan, buatlah rancangan percobaan pembuktian yang meliputi identifikasi variabel hipotesis, desain/rancangan pembuktian hipotesis, menentukan alat dan bahan, menyusun prosedur kerja/cara kerja, dan membuat format pencatatan data!

i). Variabel percobaan

Variabel bebas, terikat, dan kontrol dari setiap hipotesis di atas disajikan dalam tabel contoh berikut (diisi dan bentuk tabel bisa diubah sesuai kepentingan). Jumlah baris/kolom bisa ditambah jika ada suatu hipotesis yang berupa multi variabel bebas dan/ atau multi variabel terikat.

Hipotesis	V. bebas	V. terikat	V. kontrol
	...	...	...

ii) Desain percobaan (pembuktian hipotesis)

Desain percobaan dibuat dengan memberikan variasi nilai/aspek variabel bebas (sampel dan perlakuan) dan menetapkan variasi nilai variabel terikat (hasil pengukuran/pengamatan akibat dari perlakuan) yang akan mengikuti variasi nilai variabel bebas.

Tabel 2. Desain Pembuktian Hipotesis

Variasi nilai V. bebas (sampel perlakuan)	Variasi nilai V. terikat (variasi efek perlakuan) yang diamati	V. kontrol

- iii). Alat dan bahan yang diperlukan untuk mengumpulkan data hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

Bahan	
Nama	Spesifikasi & kuantitas
• ..	• ..
• ..	• ...
• ...	
Alat	
Nama	Spesifikasi dan jumlah
• ..	• ..
• ..	• ...
• ...	

4) Cara Kerja

Berdasarkan desain pembuktian Tabel 2 cara kerja (prosedur) pengambilan data eksperimen sebagai berikut.

-
.....
.....
-
.....
.....
.....

Format/Tabel hasil pengamatan

Format / tabel pencatatan data dalam percobaan ini sebaiknya minimal sama (format dapat dikembangkan jika diperlukan seperti menambahkan keterangan seperti kondisi lain yang terjadi dan perlu dicatat) dengan tabel desain pembuktian hipotesis (Tabel 2).

5) Pelaksanaan pengumpulan data

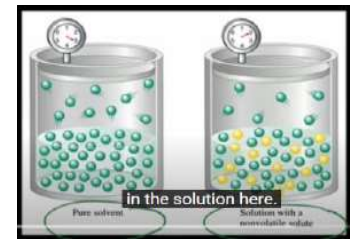
Catatan, karena rancangan kegiatan ini memprioritaskan penggunaan data primer. Namun jika pengambilan data primer tidak kemungkinan dan/atau ketersediaan alokasi waktu tatap muka sangat terbatas, penggunaan data sekunder dimungkinkan (studi dokumen). Langkah penentuan alat dan bahan, cara kerja, dan pelaksanaan pengumpulan data sekunder dalam M3 bisa diprediksi seperti dengan cara kerja jika Anda mengambil data tersebut langsung (nantinya disempurnakan disesuaikan dengan yang digunakan penulisnya ketika pelaksanaan pengumpulan data). Tabel data pembuktian hipotesis bisa diisi langsung dengan data yang diperoleh dari sumber pustaka atau hasil kerja orang lain, namun rujukan terhadap sumber harus dituliskan.

4. Mengasosiasi

Mengasosiasi meliputi pengolahan, analisis data, dan membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis.

a). Pengolahan dan analisis data

-
-
-
-



<https://youtu.be/jMj4txLGNG4>

Interpretasi:

.....

.....

2. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan tersebut, apa kesimpulan yang Anda dapatkan terkait dengan rumusan hipotesis yang diajukan di depan?

Simpulan yang diharapkan:

(nyatakan dengan mengkonfirmasi (pilih): hipotesis diterima/ditolak)

5. Mengkomunikasikan

Setelah lembar kerja diisi lengkap, dapat dibuat presentasi kerja ilmiah yang dilakukan seperti contoh presentasi *micro learning* dengan konten lain yang disajikan dalam bentuk tautan [PPT](#) ini. Komunikasi proses dan temuan belajar dapat juga disajikan dalam [bentuk](#) dokumen laporan, poster, artikel ilmiah, makalah, atau bentuk komunikasi lain. Materi presentasi terutama berisi rangkuman langkah-langkah kerja ilmiah dan temuannya. Jangan lupa menjawab soal-soal penguasaan konsep atau pengayaan terkait (baik dalam lembar kerja atau sumber lain yang ditemukan) terkait dengan temuan Anda.

b. Informasi *micro learning* induktif penurunan tekanan uap larutan

Fenomena

Fenomena objek belajar ilmiah 5M sudah cukup disajikan dalam lembar kerja.

Informasi awal dalam bentuk pengetahuan faktual dan pengetahuan prasyarat yang diperoleh dari paragraf latar di atas: (1) larutan mengandung zat terlarut yang sukar menguap, (2) Tekanan uap pelarut murni (P_o), (3) tekanan uap larutan (P), $P < P_o$, (4) fraksi mol zat terlarut dan pelarut, (5) jumlah partikel elektrolit > jumlah partikel non-elektrolit, dan ΔP elektrolit > ΔP non-elektrolit.

Kelompok informasi awal tersebut cukup mengarahkan pada rumusan masalah investigasi yang perlu dijawab: “bagaimana hubungan fraksi mol larutan dengan penurunan tekanan uap pelarut serta lebih jauh hubungannya dengan larutan non-elektrolit dan larutan elektrolit”?

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban rumusan masalah investigasi di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab akibat (sebuah kalimat pasif akan optimal mendukung penalaran induktif). Rumusan hipotesis untuk rumusan masalah investigasi di atas adalah “Penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) zat terlarut yang memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut yg berkesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya”?

Variabel bebas (VB), variabel terikat (VT), dan variabel kontrol (VK) dari setiap rumusan hipotesis sebagai berikut. Variabel bebas melibatkan jenis larutan non-elektrolit dan elektrolit (derajat ionisasi atau disosiasi) dan fraksi mol partikel zat terlarut atau pelarut. Variabel terikat berupa penurunan tekanan larutan (pelarut dalam larutan). Variabel kontrol adalah keadaan atmosfer (suhu) yang tetap.

Desain/rancangan percobaan/eksperimen terhadap kelima hipotesis sesuai dengan VB, VT, dan VK dengan memberi variasi nilai VB dan mengamati variasi nilai VT perlu disajikan dalam bentuk tabel rancangan pembuktian hipotesis. Tabel ini akan mengarahkan kepada tabel pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dengan demikian, nanti tabel pengolahan data dalam M4 dikembangkan dari tabel rancangan pembuktian hipotesis dan tabel pencatatan data tersebut. Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Sajian aspek-aspek rancangan pembuktian hipotesis untuk variasi nilai VB dengan VT dengan keterbatasan variabel kontrol merupakan aspek utama dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis seperti yang telah disajikan dalam LKM fase awal M3. Untuk efisiensi penulisan, tabel rancangan pembuktian hipotesis (lihat tabel pengolahan data dalam fase mengasosiasi M4), karena sesungguhnya sama dengan tabel pengolahan data tetapi belum berisi data dalam kolom variabel terikatnya.

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut.

Alat	Bahan
• Tabung U atau siring dengan torsi yang sangat elastis • pompa vakum bersama • labu dan sejumlah pipa pengalir gas • termometer	• Aquades atau pelarut lain yang relatif mudah menguap • Larutan gula dan/atau zat terlarut lain • Larutan garam

Prosedur pelaksanaan dan pencatatan data eksperimen pembuktian hipotesis sebagai berikut.

- Suatu pelarut yang relatif mudah menguap dan zat yang cukup besar dapat terlarut dalam pelarut tersebut di pilih
- Minimal dua larutan sampel dengan fraksi mol yang cukup berbeda dalam pelarut tersebut disiapkan
- Sebuah pipa U diisi cairan hingga volum cairan hingga sekitar setengah dari volum pipa U. Ujung pipa U bagian kiri dihubungkan dengan ruang atmosfer dalam labu larutan A (pelarut atau larutan dengan konsentrasi zat terlarut jauh lebih kecil dari larutan B) dan ujung pipa U bagian kanan dihubungkan dengan ruang atmosfer dalam labu larutan B (dengan konsentrasi jauh lebih besar dari larutan A). Atmosfer larutan A dengan saluran yang dilengkapi kran buka/tutup dihubungkan ke pompa vakum untuk mengevakuasi udara di atmosfer dalam labu sebelum membandingkan tekanan di atmosfer labu A dan labu B). Dengan cara yang sama atmosfer labu B dihubungkan juga dengan pompa vakum untuk mengevakuasi udara atau gas lain di atmosfer dalam labu B. Setelah yakin tidak ada gas lain (selain uap pelarut), kedua kran ke pompa vakum (atmosfer labu A dan atmosfer labu B) ditutup dan kemudian dibiarkan hingga tekanan uap pelarut dalam labu A dan dalam labu B berkesetimbangan fase dengan larutannya). Selisih ketinggian cairan dalam tabung U merupakan perbedaan tekan uap di atmosfer dalam labu A dan dalam labu B. Pengukuran perbedaan tekanan uap pelarut larutan A (boleh pelarut murni) dan larutan B (konsentrasi larutan yang relatif cukup lebih besar) dapat juga dicoba dengan menggunakan siring dengan torsi yang sangat elastis (gaya gesekan dapat diabaikan). Posisi torsi dengan mulai dari ruang tanpa atmosfer hingga terisi atmosfer dengan volum tertentu setelah terjadi kesetimbangan fase gas dan fase cair pelarut terjadi.
- Perbedaan tinggi permukaan cairan dalam tabung U (setelah kedua atmosfer di dalam labu terisi dengan hanya uap jenuh pelarut) dari kedua sampel diamati sebagai perbedaan tekanan uap larutan dari kedua sampel tersebut.

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel rancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama). Juga untuk efisiensi sajian, tabel pencatatan data yang sekaligus sudah diisi data yang sudah dikumpulkan dari pelaksanaan eksperimen (akhir M3) dan tabel pengolahan data

(awal M4) disajikan dalam Tabel 3.3.a.1.

Tabel 3.3.a.1 Data hasil eksperimen hipotesis 1-2 dan pengolahannya

Hipotesis	VB		VT			VK
Penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) partikel-partikel zat terlarut yang memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut yg berkesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya.	Larutan	Fraksi mol partikel zat terlarut (X_B) dan pelarut (X_A)	P_A (tekanan uap pelarut dari larutan) dalam satuan Torr	ΔP_A dalam Torr	Rumus ΔP_A yang cocok	
	Glukosa dalam air	$X_B = n_B/(n_B+n_A) = 0$; $X_A = 1-X_B = 1$	$23,76 = P_A^0 =$ tekanan uap jenuh pelarut murni	0	$\Delta P = - (P_A^0 \times (1-X_B))$	• larutan non elektrolit • keadaan standar • zat terlarut tidak mudah menguat
		$X_B = 0,01$; $X_A = 0,99$	23.52	-0.24		
		$X_B = 0,1$; $X_A = 0,9$	21.38	-2.38		
	... dalam toluena	$X_B = 0$; $X_A = 1$	28,4			
		$X_B = 0,1$; $X_A = 0,9$	28.116	-0.284		
		$X_B = 0,01$; $X_A = 0,99$	25.56	-2.84		
	Larutan NaCl dalam air	$X_B = 0$; $X_A = 1$	23.76	0	$\Delta P = i \times P_A^0 (1-X_B)$	• larutan elektrolit • keadaan standar • zat terlarut tidak mudah menguat pelarut air
		$X_{Btot} = (i \times n_B)/(i \times n_B + n_A) = (2 \times n_B)/(2 \times n_B + n_A) = 0,02$ (untuk $X_B = 0,01$)	23.28	-0.48		
		0,2 (untuk $X_B = 0,1$)	19.01	-4.75		
	K_2SO_4 dalam air	$X_B = 0$; $X_A = 1$	23.76	0		
		$X_{Btot} = (i \times n_B)/(i \times n_B + n_A) = (2 \times n_B)/(2 \times n_B + n_A) = 0,03$ (untuk $X_B = 0,01$ m)	23.05	-0.71		
		$X_{Btot} = 0,3$ untuk $X_B = 0,1$ m	16.63	-7.13		

Data pembuktian hipotesis dalam tabel menginterpretasikan tekanan uap pelarut dari larutan semakin kecil dibanding tekanan uap pelarut dalam keadaan murni dengan penurunan yang semakin besar jika fraksi mol zat terlarut meningkat dan dalam larutan terjadi disosiasi molekuler/ionik yang menghasilkan jumlah partikel lebih banyak.

Pembahasan

Tekanan uap jenuh pelarut zat A (P_A) di permukaan dari zat cairan/pelarut disebabkan oleh jumlah partikel-partikel zat pelarut (A) dalam fase uap (di atmosfer permukaan) dalam keadaan berkesetimbangan dengan partikel-partikel zat pelarut itu dalam larutannya. Data yang didapat dari eksperimen menunjukkan terdapat hubungan sistematis antara penurunan tekanan uap larutan (ΔP_A) dengan fraksi mol zat B terlarut (X_B) secara konsisten dalam bentuk rumus yang sejalan dengan hukum Rault sebagai berikut.

$$P_A = X_A \times P_A^0 = (1-X_B) \times P_A^0$$

$$P_A = P_A^0 - X_B \times P_A^0$$

$$P_A - P_A^0 = \Delta P = -X_B \times P_A^0$$

$$\text{Harga mutlak } \Delta P = X_B \times P_A^0$$

$$\text{Untuk larutan elektrolit, } \Delta P = i \times (X_B \times P_A^0)$$

Jika a mol zat terlarut C_mD_n dan mengalami desosiasi $C_mD_n \leftrightarrow mC + nD$.

Disosiasi C_mD_n sebesar α bagian, maka $i = (1 + \alpha(m+n-1))$

Jadi ΔP sekitar $= (1 + \alpha(m+n-1)) (X_B \times P_A^0)$ yang sedikit perlu dikoreksi, karena fraksi mol zat terlarut + fraksi mol zat pelarut = 1

Penurunan tekanan uap larutan disebabkan oleh jumlah partikel (molekul-molekul) pelarut dalam fase gas per satuan volum atau partikel-partikel suatu gas tersebut semakin berkurang sehingga memiliki tekanan parsial untuk gas itu semakin kecil sesuai dengan persamaan umum gas yakni $P \times V = n \times R \times T$. Kehadiran zat terlarut (B) dalam larutan ternyata menghambat partikel-partikel zat pelarut untuk melepaskan diri menjadi uapnya. Pelarut yang berbeda memiliki tekanan uap jenuh yang umumnya berbeda pada suhu yang sama. Kerapatan partikel uap jenuh suatu pelarut pada suhu tertentu juga bergantung dari kemudahan pelarut itu menguap, di samping konsentrasi zat terlarut.

Hubungan yang didapat dari hasil eksperimen sangat rasional (masuk akal), karena kelarutan terjadi akibat gaya tarik menarik antara partikel zat terlarut dan zat pelarut (solvasi). Penambahan total kekuatan tarik menarik antara partikel-partikel zat terlarut dengan pelarut akan sebanding dengan penambahan jumlah partikel zat terlarut dalam larutan dalam volum yang sama atau sebanding dengan kerapatan partikel-partikel zat terlarut. Peningkatan kerapatan partikel zat terlarut (fraksi mol zat terlarut), maka makin besar total kekuatan tarik menarik antara partikel-partikel zat terlarut dan zat pelarut yang menghambat partikel-partikel zat pelarut menguap (meninggalkan fase cair larutan) sehingga tekanan uap pelarut dari larutan menurun lebih besar. Kekuatan gaya tarik antarpartikel zat pelarut dengan partikel zat terlarut bergantung seperti dengan kepolaran pelarut.

Rumusan hipotesis terbukti benar. Hal ini tidak terlepas dari ketelitian pengamatan informasi awal dan konsistensi melakukan kegiatan tahapan-tahapan kerja ilmiah yang membawa keberhasilan menemukan rumusan konsepsi ilmiah sasaran seperti yang diusulkan dalam rumusan hipotesis.

Kesimpulan

Penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) partikel-partikel zat terlarut yang memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut yg berkesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya.

c. Tugas *micro learning* induktif penurunan tekanan uap larutan

i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan 5M ilmiah induktif (dikumpul bersamaan dengan isian lembar kerja sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran.

1). Isian kegiatan 5M dalam *worksheet*

2a). Buat rangkuman jenis pengetahuan dan keterkaitannya **dalam bentuk isian tabel** jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual sebab-akibat) yang disasar serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis berikut.

Hipotesis	Pengetahu an faktual	Prosedur ilmiah (p. Prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta- kognitif

b. Buat rangkuman deskriptif untuk kegiatan 5M ilmiah induktif

Rangkuman kegiatan *micro learning* dengan pendekatan ilmiah 5M induktif dengan mengikuti siklus belajar 5M sebagai berikut (deskripsi ringkas tujuan, hasil kegiatan setiap fase 5M ilmiah untuk mencapainya, dan rasional/kesesuaian temuan dengan kajian pustaka).

ii. Tugas perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang konsep faktor yang memengaruhi laju reaksi) yang ada dalam di dalam chapter (*sample problem* dan *follow up problem*) maupun pada akhir dalam Chapter 13 dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2010), Principle of General Chemistry. Second Edition New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. atau sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

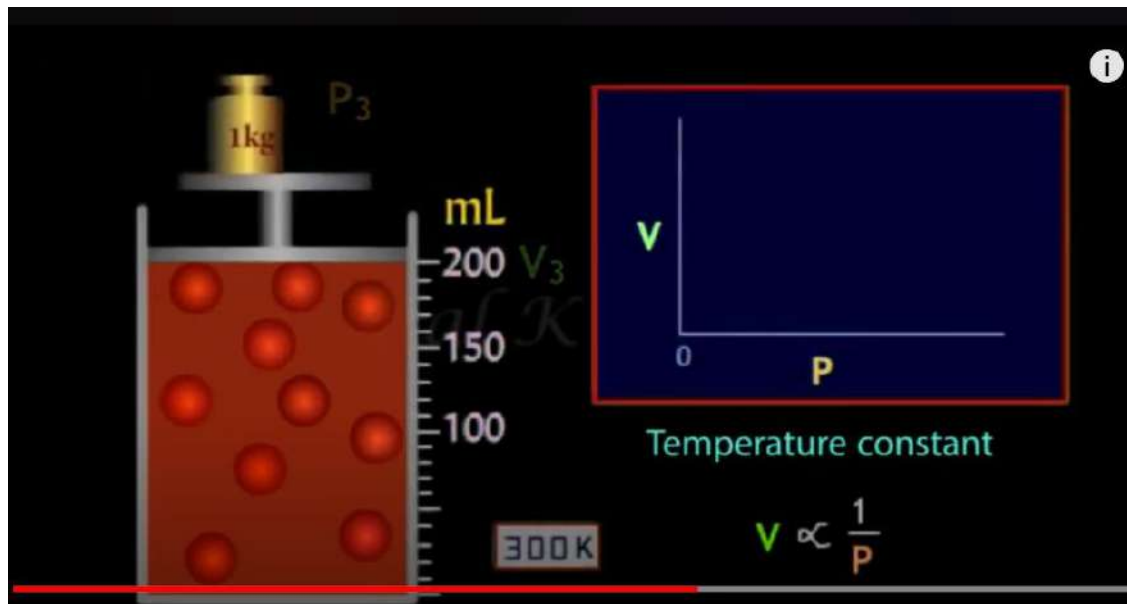
Sumber rujukan

1. Silberberg, M.S. (2003). Chemistry The Molecular nature of Matter and Change. Third Edition. New York: McGraw-Hill Higher Education.
2. Silberberg, M.S. (2010). Principle of General Chemistry 2nd edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc
3. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
4. Chand, R., (2002). Chemistry. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
5. Sumber internet lainnya untuk kajian termokimia dan bagian-bagiannya seperti kalorimeter, termokimia, perubahan entalpi reaksi, energi ikatan, entropi, kespontanan reaksi kimia umum dan khusus redoks yang sangat berkembang untuk elektrokimia, hukum Hess, dan siklus Born-Haber.

B. Micro learning deduktif

MICRO LEARNING DEDUKTIF

PENURUNAN TEKANAN UAP LARUTAN



<https://youtu.be/Z25XMWe5kV8>

(SUBTOPIK SIFAT KOLIGATIF LARUTAN)

NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :

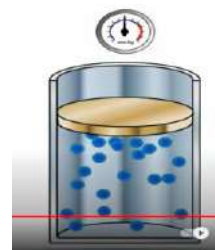
Naskah *micro learning* terdiri atas (a) lembar kerja, (b) informasi (teks) materi konstruksi konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

Tujuan pengetahuan dan keterampilan ilmiah:

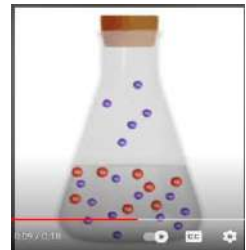
mampu menganalisis hubungan penurunan tekanan uap larutan dengan peningkatan konsentrasi partikel zat terlarut dalam larutan non-elektrolit dan elektrolit melalui eksperimen.

Fenomena

Gas atau uap molekuler mengandung partikel-partikel (molekul-molekul untuk gas molekuler atau atom-atom untuk gas atomik) yang bergerak bebas dengan Gerakan dan tumbukan menyebabkan gas memiliki tekanan. Hubungan kuantitatif antara besaran volum (V), tekanan (V), jumlah partikel dalam mol (n), dan suhu mutlak (T) mengikuti hukum gas umum yakni $V \times P = n \times R \times T$. Suatu pelarut memiliki kemampuan menguap tertentu pada suhu tertentu dalam kesetimbangan, sehingga pelarut tersebut memiliki tekanan uap jenuh tertentu pada suhu tertentu. Dalam atmosfer terbuka, tekanan gas tersebut berupa tekanan parsial dari tekanan total atmosfer (udara = total gas) seperti tekanan udara di atas permukaan laut sebesar satu atmosfer. Tekanan parsial uap air murni (P_0) pada suhu 25°C sebesar 3167.0 pascal atau 23,7545 Torr atau mmHg atau 0.031256 atmosfer pada tekanan udara total satu atmosfer. Namun tekanan parsial uap air dari larutan (P) yang mengandung zat terlarut yang sukar menguap pada suhu yang sama (25°C) kurang dari 3167 ($<23,75$) pascal dan semakin rendah untuk larutan dengan zat terlarut yang semakin pekat. Fraksi mol zat terlarut larutan yang lebih pekat memiliki penurunan tekanan uap lebih besar. Lebih jauh larutan elektrolit menunjukkan penurunan tekanan uap yang lebih besar. Fenomena sistematis sifat koligatif larutan yang diamati terkait dengan aspek molekuler (sub-mikroskopis partikel materi) dan simbolik perlu diungkap dalam membangun pengetahuan-pengetahuan konseptual sebab-akibat agar lebih berguna.



<https://youtu.be/q6-oyxnkZC0>



<https://youtu.be/Dntk-aZWDN2c>

1. Mengamati

Berdasarkan fenomena yang telah diamati, informasi-informasi awal penting apa diperoleh (diamati) terkait percobaan membangun penurunan tekanan uap larutan.

Informasi faktual baru:	• • • dst.
Pengetahuan/konsepsi ilmiah prasyarat:	• • • dst.

Daftar informasi awal yang diharapkan

2. Menanya

Berdasarkan hal tersebut yang telah diamati, buatlah rumusan masalah klarifikasi (jika ada) dan masalah investigasi berkaitan penurunan tekanan uap larutan!

Jawaban :

Pertanyaan klarifikasi (kejelasan informasi faktual awal dan pengetahuan prasyarat):

Pertanyaan investigasi (rumusan masalah yang akan dicari jawabannya melalui tahapan M3 dan M4):

3. Mengumpulkan data

a. Merumuskan hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah di atas, buatlah hipotesis atau jawaban sementara dari rumusan masalah investigasi yang telah dibuat!

Jawaban (hipotesis):

b. Merancang percobaan/eksperimen (pembuktian hipotesis)

Untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan, buatlah rancangan percobaan pembuktian yang meliputi identifikasi variabel hipotesis, desain/rancangan pembuktian hipotesis, menentukan alat dan bahan, menyusun prosedur kerja/cara kerja, dan membuat format pencatatan data!

i. Variabel percobaan

Variabel bebas, terikat, dan kontrol dari setiap hipotesis di atas disajikan dalam tabel contoh berikut (diisi dan bentuk tabel bisa diubah sesuai kepentingan). Jumlah baris/kolom bisa ditambah jika ada suatu hipotesis yang berupa multi variabel bebas dan/ atau multi variabel terikat.

Hipotesis	V. bebas	V. terikat	V. kontrol
	...	...	...

ii. Desain percobaan (pembuktian hipotesis)

Desain percobaan dibuat dengan memberikan variasi nilai/aspek variabel bebas (sampel dan perlakuan) dan menetapkan variasi nilai variabel terikat (hasil pengukuran/pengamatan akibat dari perlakuan) yang akan mengikuti variasi nilai variabel bebas.

Tabel 2. Desain Pembuktian Hipotesis

Variasi nilai V. bebas (sampel perlakuan)	Variasi nilai V. terikat (variasi efek perlakuan) yang diamati	V. kontrol

- 3). Alat dan bahan yang diperlukan untuk mengumpulkan data setiap hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

Bahan		Alat	
Nama	Spesifikasi & kuantitas	Nama	Spesifikasi dan jumlah
• ..	• ..	• ..	• ..
• ...	• ...	• ...	• ...

4) Cara Kerja

Berdasarkan desain pembuktian Tabel 2 cara kerja (prosedur) pengambilan data eksperimen sebagai berikut.

-
-

Format/Tabel hasil pengamatan

Format / tabel pencatatan data dalam percobaan ini sebaiknya minimal sama (format dapat dikembangkan jika diperlukan seperti menambahkan keterangan seperti kondisi lain yang terjadi dan perlu dicatat) dengan tabel desain pembuktian hipotesis (Tabel 2).

5) Pelaksanaan pengumpulan data

Catatan, karena rancangan kegiatan ini memprioritas-kan penggunaan data primer. Namun jika pengambilan data primer tidak kemungkinan dan/ atau ketersediaan alokasi waktu tatap muka sangat terbatas, penggunaan data sekunder dimungkinkan (studi dokumen). Langkah



https://youtu.be/R_RADBrG8Vo



<https://youtu.be/gUfhvbnBWso>

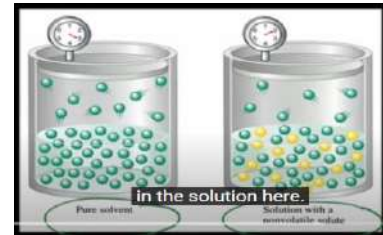
penentuan alat dan bahan, cara kerja, dan pelaksanaan pengumpulan data sekunder dalam M3 bisa diprediksi seperti dengan cara kerja jika Anda mengambil data tersebut langsung (nantu disempurnakan disesuaikan dengan yang digunakan penulisnya ketika pelaksanaan pengumpulan data). Tabel data pembuktian hipotesis bisa diisi langsung dengan data yang diperoleh dari sumber pustaka atau hasil kerja orang lain, namun rujukan terhadap sumber harus dituliskan.

4. Mengasosiasi

Mengasosiasi meliputi pengolahan, analisis data, dan membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis.

Pengolahan data dan analisis data

-
-
-
-



<https://youtu.be/jMj4txLGNG4>

Interpretasi:

.....

.....

Kesimpulan

(nyatakan juga dengan mengkonfirmasi (pilih): hipotesis diterima/ditolak)

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan tersebut, apa kesimpulan yang Anda dapatkan terkait dengan rumusan hipotesis yang diajukan di depan?

5. Mengkomunikasikan

Setelah lembar kerja diisi lengkap, dapat dibuat presentasi kerja ilmiah yang dilakukan seperti contoh presentasi *micro learning* dengan konten lain yang disajikan dalam bentuk tautan [PPT](#) ini. Komunikasi proses dan temuan belajar dapat juga disajikan dalam bentuk dokumen laporan, poster, artikel ilmiah, makalah, atau bentuk komunikasi lain. Materi presentasi terutama berisi rangkuman langkah-langkah kerja ilmiah dan temuannya. Jangan lupa menjawab soal-soal penguasaan konsep atau pengayaan terkait (baik dalam lembar kerja atau sumber lain yang ditemukan) terkait dengan temuan Anda.

b. Informasi materi konsepsi ilmiah penurunan tekanan uap larutan

Fenomena

Fenomena objek belajar untuk kluster ilmiah 5M KK-1 sudah cukup disajikan dalam *worksheet*.

Informasi awal dalam bentuk pengetahuan faktual dan pengetahuan prasyarat yang diperoleh dari paragraf latar di atas: (1) larutan mengandung zat terlarut yang sukar menguap, (2) Tekanan uap pelarut murni (P_o), (3) tekanan uap larutan (P), $P < P_o$, (4) fraksi mol zat terlarut dan pelarut, (5) jumlah partikel elektrolit > jumlah partikel non-elektrolit, dan ΔP elektrolit > ΔP non-elektrolit.

Kelompok informasi awal terbuat tersebut cukup mengarahkan pada rumusan masalah investigasi yang perlu dijawab: “bagaimana hubungan fraksi mol larutan dengan penurunan tekanan uap pelarut serta lebih jauh hubungannya dengan larutan non-elektrolit dan larutan elektrolit”?

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban rumusan masalah investigasi di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab akibat (sebuah kalimat pasif akan optimal mendukung penalaran induktif). Rumusan hipotesis untuk rumusan masalah investigasi di atas adalah “Penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) zat terlarut yang memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut yang berkesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya”?

Variabel bebas (VB), variabel terikat (VT), dan variabel kontrol (VK) dari setiap rumusan hipotesis sebagai berikut. Variabel bebas melibatkan jenis larutan non-elektrolit dan elektrolit (derajat ionisasi atau disosiasi) dan fraksi mol partikel zat terlarut atau pelarut. Variabel terikat berupa penurunan tekanan larutan (pelarut dalam larutan). Variabel kontrol adalah keadaan atmosfer (suhu) yang tetap.

Desain/rancangan percobaan/eksperimen terhadap kelima hipotesis sesuai dengan VB, VT, dan VK dengan memberi variasi nilai VB dan mengamati variasi nilai VT perlu disajikan dalam bentuk tabel rancangan pembuktian hipotesis. Tabel ini akan mengarahkan kepada tabel pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dengan demikian, nanti tabel pengolahan data dalam M4 dikembangkan dari tabel rancangan pembuktian hipotesis dan tabel pencatatan data tersebut. Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Sajian aspek-aspek rancangan pembuktian hipotesis untuk variasi nilai VB dengan VT dengan keterbatasan variabel kontrol merupakan aspek utama dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis seperti yang telah disajikan dalam lembar kerja fase awal M3. Untuk efisiensi penulisan, tabel rancangan pembuktian hipotesis (lihat tabel pengolahan data dalam fase mengasosiasi M4), karena sesungguhnya sama dengan tabel pengolahan data tetapi belum berisi data dalam kolom variabel terikatnya.

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut.

Alat	Bahan
• Tabung U atau siring dengan torsi yang sangat elastis • pompa vakum bersama • labu dan sejumlah pipa pengalir gas • termometer	• Aquades atau pelarut lain yang relatif mudah menguap • Larutan gula dan/atau zat terlarut lain • Larutan garam

Prosedur pelaksanaan dan pencatatan data eksperimen pembuktian hipotesis sebagai berikut.

- Suatu pelarut yang relatif mudah menguap dan zat yang cukup besar dapat terlarut dalam pelarut tersebut di pilih
- Minimal dua larutan sampel dengan fraksi mol yang cukup berbeda dalam pelarut tersebut disiapkan
- Sebuah pipa U diisi cairan hingga volum cairan hingga sekitar setengah dari volum pipa U. Ujung pipa U bagian kiri dihubungkan dengan ruang atmosfer dalam labu larutan A (pelarut atau larutan dengan konsentrasi zat terlarut jauh lebih kecil dari larutan B) dan ujung pipa U bagian kanan dihubungkan dengan ruang atmosfer dalam labu larutan B (dengan konsentrasi jauh lebih besar dari larutan A). Atmosfer larutan A dengan saluran yang dilengkapi kran buka/tutup dihubungkan ke pompa vakum untuk mengevakuasi udara di atmosfer dalam labu sebelum membandingkan tekanan di atmosfer labu A dan labu B). Dengan cara yang sama atmosfer labu B dihubungkan juga dengan pompa vakum untuk mengevakuasi udara atau gas lain di atmosfer dalam labu B. Setelah yakin tidak ada gas lain (selain uap pelarut), kedua kran ke pompa vakum (atmosfer labu A dan atmosfer labu B) ditutup dan kemudian dibiarkan hingga tekanan uap pelarut dalam labu A dan dalam labu B berkesetimbangan fase dengan larutannya). Selisih ketinggian cairan dalam tabung U merupakan perbedaan tekan uap di atmosfer dalam labu A dan dalam labu B. Pengukuran perbedaan tekanan uap pelarut larutan A (boleh pelarut murni) dan larutan B (konsentrasi larutan yang relatif cukup lebih besar) dapat juga dicoba dengan menggunakan siring dengan torsi yang sangat elastis (gaya gesekan dapat diabaikan). Posisi torsi dengan mulai dari ruang tanpa atmosfer hingga terisi atmosfer dengan volum tertentu setelah terjadi kesetimbangan fase gas dan fase cair pelarut terjadi.
- Perbedaan tinggi permukaan cairan dalam tabung U (setelah kedua atmosfer di dalam labu terisi dengan hanya uap jenuh pelarut) dari kedua sampel diamati sebagai perbedaan tekanan uap larutan dari kedua sampel tersebut.

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel rancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama). Juga untuk efisiensi sajian, tabel pencatatan data yang sekaligus sudah diisi data yang sudah dikumpulkan dari pelaksanaan eksperimen (akhir M3) dan tabel pengolahan data

(awal M4) disajikan dalam Tabel 3.3.b.1.

Tabel 3.3.b.1. Catatan dan hasil pengolahan data eksperimen

Hipotesis	VB		VT			VK
	Larutan	Fraksi mol partikel zat terlarut (X_B) dan pelarut (X_A)	P_A (tekanan uap pelarut untuk larutan zat B) dalam Torr	ΔP_A dlm Torr	Rumus ΔP_A yang cocok	
Penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) zat terlarut yang memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut dalam kesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya	Glukosa dalam air	$X_B = n_B/(n_B+n_A) = 0; X_A = 1-X_B = 1$	$23,76 = P_A^0 =$ tekanan uap jenuh pelarut murni	0	$\Delta P = - (P_A^0 (1-X_B))$	• larutan non elektrolit • keadaan standar • zat terlarut tidak mudah menguat
		$X_B = 0,01; X_A = 0,99$	23.52	-0.24		
		$X_B = 0,1; X_A = 0,9$	21.38	-2.38		
	... dalam toluena	$X_B = 0; X_A = 1$	28,4			
		$X_B = 0,1; X_A = 0,9$	28.116	-0.284		
		$X_B = 0,01; X_A = 0,99$	25.56	-2.84		
	Larutan NaCl dalam air	$X_B = 0; X_A = 1$	23.76	0	$\Delta P = i \times P_A^0 (1-X_B)$	• larutan elektrolit • keadaan standar • zat terlarut tidak mudah menguat pelarut air
		$X_{Btot} = (i \times n_B)/(i \times n_B + n_A) = (2 \times n_B)/(2 \times n_B + n_A) = 0,02$ (untuk $X_B = 0,01$)	23.28	-0.48		
		0,2 (untuk $x_B = 0,1$)	19.01	-4.75		
	K_2SO_4 dalam air	$X_B = 0; X_A = 1$	23.76	0		
		$X_{Btot} = (i \times n_B)/(i \times n_B + n_A) = (2 \times n_B)/(2 \times n_B + n_A) = 0,03$ (untuk $X_B = 0,01$ m)	23.05	-0.71		
		$X_{Btot} = 0,3$ untuk $X_B = 0,1$ m	16.63	-7.13		

Data pembuktian hipotesis dalam tabel menginterpretasikan tekanan uap pelarut dari larutan semakin kecil dibanding tekanan uap pelarut dalam keadaan murni dengan penurunan yang semakin besar jika fraksi mol zat terlarut meningkat dan dalam larutan terjadi disosiasi molekuler/ionik yang menghasilkan jumlah partikel lebih banyak.

Pembahasan

Makin banyak jumlah partikel dari suatu gas per satuan volum atau partikel-partikel suatu gas tersebut semakin rapat dan memiliki tekanan parsial semakin besar untuk gas itu sesuai dengan persamaan umum gas yakni $P \times V = n \times R \times T$. Kehadiran partikel zat terlarut yang saling tarik menarik dengan partikel-partikel zat pelarut (adhesi) tentu akan menghambat partikel-partikel zat pelarut meninggalkan cair (menguap), sehingga jumlah partikel zat pelarut di dalam atmosfer per satuan volume atau tekanan uap jenuh pelarut zat A (P_A) di permukaan dari zat cairan/pelarut tersebut menurun. Tekanan uap berupa tekanan uap maksimal (jenuh) pelarut di permukaan disebabkan oleh terjadi kesetimbangan antara fase cair dan gas pelarut. Kerapatan partikel uap jenuh suatu pelarut bergantung dari kemudahan pelarut itu menguap dan besarnya tetap pada suhu tertentu (tetap). Hubungan antara penurunan tekanan uap larutan (ΔP_A) dengan fraksi mol zat B

terlarut (X_B) semestinya konsisten dan sistematis dalam bentuk rumus yang sejalan dengan hukum Rault sebagai berikut.

$$P_A = X_A \times P_A^0 = (1 - X_B) \times P_A^0$$

$$P_A = P_A^0 - X_B \times P_A^0$$

$$P_A - P_A^0 = \Delta P = -X_B \times P_A^0$$

$$\text{Harga mutlak } \Delta P = X_B \times P_A^0$$

$$\text{Untuk larutan elektrolit, } \Delta P = i \times (X_B \times P_A^0)$$

Jika a mol zat terlarut C_mD_n dan mengalami desosiasi $C_mD_n \leftrightarrow mC + nD$

Disosiasi C_mD_n sebesar α bagian, maka $i = (1 + \alpha(m+n-1))$

Jadi ΔP sekitar $= (1 + \alpha(m+n-1)) (X_B \times P_A^0)$ yang sedikit perlu dikoreksi, karena fraksi mol zat terlarut + fraksi mol zat pelarut = 1

Ternyata kajian teoritik dibuktikan benar dari data yang ditunjukkan oleh hasil eksperimen verifikatif. Hal demikian membenarkan kelarutan terjadi akibat gaya tarik menarik antara partikel zat terlarut dan zat pelarut (solvasi). Penambahan total kekuatan tarik menarik antara partikel-partikel zat terlarut dengan pelarut akan sebanding dengan penambahan jumlah partikel zat terlarut dalam larutan dalam volum yang sama atau sebanding dengan kerapatan partikel-partikel zat terlarut. Peningkatan kerapatan partikel zat terlarut (fraksi mol zat terlarut), maka makin besar total kekuatan tarik menarik antara partikel-partikel zat terlarut dan zat pelarut yang menghambat partikel-partikel zat pelarut menguap (meninggalkan fase cair larutan) sehingga tekanan uap pelarut dari larutan menurun lebih besar. Disosiasi atau ionisasi zat elektrolit dalam air mengakibatkan jumlah partikel yang tarik menarik dengan molekul-molekul zat pelarut (tersolvasi), maka secara sistematis makin besar penurunan tekanan uap larutan.

Rumusan hipotesis terbukti benar. Hal ini tidak terlepas dari kebenaran dan ketepatan konsepsi umum awal yang diungkap dalam mendasari fenomena latar belakang dalam paragraf pengantar, serta kekonsistenan melakukan kegiatan tahapan-tahapan kerja ilmiah deduktif yang membawa keberhasilan menemukan rumusan konsepsi ilmiah sasaran.

Kesimpulan

Penurunan tekanan uap pelarut dalam larutan sebanding dengan peningkatan konsentrasi (fraksi mol) zat terlarut yang memberi peningkatan hambatan pada partikel-partikel zat pelarut dalam kesetimbangan fase untuk meninggalkan fase cairnya.

c. Tugas *micro learning* deduktif penurunan tekanan uap larutan

i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan 5M ilmiah deduktif (dikumpul bersamaan dengan isian lembar kerja sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran.

1). Isian kegiatan 5M dalam lembar kerja

2a). Buat rangkuman jenis pengetahuan dan keterkaitannya **dalam bentuk isian tabel** jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual sebab-akibat) yang disasar serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis berikut.

Hipotesis	Pengetahu an faktual	Prosedur ilmiah (p. Prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta- kognitif

b. Buat rangkuman deskriptif untuk kegiatan 5M ilmiah deduktif

Rangkuman kegiatan *micro learning* dengan pendekatan ilmiah 5M deduktif dengan mengikuti siklus belajar 5M sebagai berikut (deskripsi ringkas tujuan, hasil kegiatan setiap fase 5M ilmiah untuk mencapainya, dan rasional/kesesuaian temuan dengan kajian pustaka).

ii. Tugas perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang konsep faktor yang memengaruhi laju reaksi) yang ada dalam di dalam chapter (*sample problem* dan *follow up problem*) maupun pada akhir dalam *Chapter 13* dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2010), *Principle of General Chemistry*. Second Edition New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. atau sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

Sumber rujukan *micro learning* Kimia

1. Silberberg, M.S. (2003). *Chemistry The Molecular nature of Matter and Change*. Third Edition. New York: McGraw-Hill Higher Education.
2. Silberberg, M.S. (2010). *Principle of General Chemistry* 2nd edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc
3. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
4. Chand, R., (2002). *Chemistry*. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
5. Sumber internet lainnya untuk kajian termokimia dan bagian-bagiannya seperti kalorimeter, termokimia, perubahan entalpi reaksi, energi ikatan, entropi, kespontanan reaksi kimia umum dan khusus redoks yang sangat berkembang untuk elektrokimia, hukum Hess, dan siklus Born-Haber.

BAB V

PENUTUP

R&D ini telah menghasilkan dua jenis prototipe *micro learning* sains induktif dan deduktif berbantuan video eksperimen dengan mengikuti siklus belajar 5M (mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasi). Prototipe mulai dari deskripsi fenomena latar yang berisi sejumlah informasi awal faktual yang cukup dan pengetahuan prasyarat minimal. Kelompok informasi awal terkait yang mengarah pada sebuah hipotesis sebab akibat sedapat mungkin disajikan dalam satu paragraf. Tagihan isian lembar kerja konsisten mengikuti kerja ilmiah siklus 5M (mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasi). Rumusan hipotesis pada akhirnya menjadi acuan kesinergisan semua kegiatan dalam belajar dengan pendekatan ilmiah. Fase pengumpulan data yang menjadi keharusan dalam belajar dengan pendekatan ilmiah melibatkan pembuatan rancangan pembuktian hipotesis sebab dan akibat yang dilengkapi dengan isian penetapan variasi nilai variabel bebas (VB), prediksi variasi nilai variabel terikat (VT) sebagai akibat variasi nilai VB, dan penetapan variabel kontrol (VK). Video eksperimen dalam bentuk rekaman segmen-segmen terutama pengumpulan dan catatan data sesuai dengan rancangan pembuktian hipotesis yang disimpan secara *online* dan ditautkan (*hyperlink*) pada bagian lembar kerja yang membutuhkannya telah menghadirkan kekuatan prototipe *micro learning* ini dalam pembelajaran sains sebagai proses. Hanya saja keterampilan fisik dalam pengambilan data harus dilatihkan oleh subjek belajar sendiri dan dapat menjadikan *micro learning* ini seperti video tutorial. Dengan kehadiran lembar kerja dan teks informasi yang selaras dengan lembar kerja setelah lembar kerja, cukup memberi kelebihanannya dibanding dengan video tutorial yang umum ditemukan.

Karakteristik video eksperimen pembuktian suatu hipotesis dalam prototipe untuk kedua penalaran (induktif dan deduktif) adalah kesamaan dalam rancangan dan pengambilan data pembuktian hipotesis, tetapi berbeda isi dan visualisasi informasi pengetahuan awal dalam fenomena latar dan juga dalam struktur argumentasi dalam fase mengasosiasi (M4). Sasaran konsepsi ilmiah yang sama meskipun dengan penalaran yang berbeda (kalimat rumusan hipotesis yang berbeda yakni pola akibat-sebab untuk induktif dan pola sebab-akibat untuk deduktif), tetapi variabel-variabel dan variasi nilai masing-masing variabel haruslah sama. Segmen video yang sedapat mungkin dibuat sendiri adalah segmen video pengumpulan dan catatan data eksperimen sebagai kebutuhan minimal pembuatan produk dengan mengikuti prototipe yang dihasilkan dalam R&D ini. Sementara untuk efisiensi, kebanyakan informasi perancangan pembuktian hipotesis (M2 dan bagian awal dari M3) yang lebih efektif disajikan dalam bentuk teks sebagai isian lembar kerja (*worksheet*) dan informasi visual faktual awal dalam fenomena latar dapat menggunakan video yang sudah banyak tersedia di internet. Demikian juga animasi aspek molekuler yang dibutuhkan pada M4 untuk penalaran induktif dan pada M1 dan M4 untuk penalaran deduktif juga dapat dipenuhi melalui akses dokumen visual yang sudah tersedia dan dapat diakses di internet.

Prototipe *micro learning* dengan penalaran induktif dan dengan penalaran deduktif berbantuan video eksperimen dari hasil R&D ini menggunakan segmen video pengambilan dan pencatatan data hasil eksperimen yang sama. Hal demikian diharapkan dapat memberi efisiensi

dan kekuatan suatu temuan yang dihadirkan dari dua arah informasi / penalaran yang berlawanan tersebut. Perbedaannya adalah pada awal (fenomena latar) dan jalan pencapaian yang berlawanan. Penalaran induktif mengikuti alur berpikir seperti *bottom-up* mulai dari variasi sampel contoh-contoh spesifik, sedangkan penalaran deduktif mengikuti alur berpikir seperti *top-down* mulai dari generalisasi menuju verifikasi atau dari terori yang sudah terbukti benar menuju temuan pengetahuan turunan (*derivative*) yang akan tervalidasi benar melalui eksperimen. Prototipe *micro learning* dengan penalaran induktif dimulai dari fenomena latar yang berisi sejumlah informasi contoh terutama akibat, kemudian rumusan masalah investigasi, pengumpulan data yang melibatkan rancangan pembuktian hipotesis. Hipotesis disarankan berupa sebuah kalimat dengan pola akibat-sebab (seperti kalimat pasif). Kajian sub-mikroskopis (molekuler terutama sebagai aspek penyebab atau komponen variabel bebas) secara optimal dilakukan dalam fase mengasosiasi. Sementara prototipe *micro learning* dengan penalaran deduktif, fenomena latar penemuan berisi mulai dari konsep umum dan informasi sub-mikroskopis (molekuler) untuk memperkuat penguasaan konsep umum awal. Rumusan hipotesis deduktif direkomendasikan dalam bentuk sebuah kalimat aktif (sebab-akibat). Kajian aspek sub-mikroskopis kembali digunakan untuk memperkuat pengolahan data menuju kesimpulan yang benar dan tepat.

Prototipe *micro learning* induktif dan deduktif ini juga dilengkapi dengan hasil identifikasi konsep-konsep pokok dan rumusan konsepsi ilmiah serta tabel variabel-variabel rancangan pembuktian hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah sasaran secara induktif dan deduktif yang kiranya cukup untuk membangun penguasaan tiga topik kajian yaitu topik asam-basa, laju reaksi, dan sifat koligatif larutan dengan pendekatan ilmiah. Implikasi dari temuan prototipe ini adalah kelayakan menghadirkan pembelajaran sains melalui pendekatan ilmiah secara optimal dalam pembelajaran melalui daring saja, *blended*, maupun *hybrid*.

5.2 Saran

Sebuah hipotesis dapat berupa hipotesis monovariat dan multivariat. Multivariat dapat terjadi pada variabel bebas atau variabel terikat yang akan mempengaruhi keluasan sebuah *micro learning* yang akan menantang pada pengembangan *meso learning* dengan memperhatikan jenjang pengalaman subjek belajar. Meskipun demikian, keutuhan/kesatuan konten dari sebuah hipotesis multivariat masih memenuhi tuntutan konten *micro learning* menjadi *self-contained* dalam membangun sebuah pengetahuan sebab akibat sebagai pengetahuan sasaran yang sistematis. Dalam pengambilan keputusan belajar melalui penemuan sendiri (subjek belajar mengonstruksi konsepsi ilmiah sendiri secara terbantu atau mandiri) perlu mempertimbangkan besar cakupan dari variasi sebuah variabel, jumlah variasi dari VB dan/atau VT, dan jenjang pengalaman subjek belajar. Untuk jenjang sekolah menengah secara umum cukup dibatasi pada multivariat dengan dua jenis variabel pada salah satu variabel bebas atau variabel terikat saja. Sebuah *micro learning* multivariat dapat dipecah menjadi beberapa kesatuan *micro learning* dalam sebuah *meso learning*. Kefleksibelan sebuah *micro learning* multivariat sebagai transisi menuju *meso learning* akan tetap menjadikan kajian *micro learning* atau *meso learning* yang menarik dan menantang. Prototipe *micro learning* berbantuan video eksperimen dengan kefleksibelan pada jumlah variabel dari satu hipotesis sebagai batasan konten mikro juga merupakan kekuatan prototipe yang dihasilkan dalam R&D ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for Science Literacy: Project 2061*. New York : Oxford University Press.
2. Anderson, A. Sarlo. G. L., Pearlstein, H. & McGrath, L.M. 2020. A Review of Online Dyslexia Learning Modules. *Frontiers in Education*, 5(118); 1-13.
3. Anoname, Effective Learning Service Introduction to Research and Research Methods. *Bradford University of School Management*, (2013). www.bradford.ac.uk/management/els.
4. Baker, G.L. & Goldberg, I. 1970. The individualized learning system. *Educational Leadership*, pp. 775-780.
5. Bassham, G. Irwin, W., Nardone, H. & Wallace, J.M. (2008). *Critical Thinking A Student's Introduction*. 3rd. edition. Mc-Graw-Hill Higher Education
6. Bruck, P. A. (2006). Hug, T., Linder, M. & Bruck, P.A (editors). What is Microlearning and why care about it? (Introductory Note). *Proceedings of Microlearning conference*, 7-10.
7. Bryan, A. & Volchenkova, K.N., 2016. Blended Learning: Definition, Model, Implications for Higher Education. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences*. vol. 8, no. 2, pp. 24-30
8. Butcher, Davis, & Highton, 2006; Cuzzolino, Grotzer, Haris, & Weissbound, 2019. Module design
9. Canadian Council on Learning (2006). *Animation theme bundle 2: Comprehending and nourishing the learning spirit*. Retrieved November 9, 2008, from <http://www.cclcca.ca/CCL/AboutCCL/KnowledgeCentres/AboriginalLearning/Themes/AnimationThemeBundle2.htm>
10. Chalipa, S. (2013). The Effect of Inductive vs Deductive Instructional Approach in Grammar Learning of ESL Learners. *International Journal Researchers*. Volume 2, Issue No.2, (2013).
11. Cuzzolino, Grotzer, Haris, & Weissbound, 2019.scientific learning
12. Edmund, N. W. (2005). *Report on the relationship of the scientific method to scientifically valid research and education research*. National Board for Education Sciences. <http://www.harriscompanyrec.com/files/normanbooklet.pdf>
13. Ehrman, M.E. & Leaver, B.L. (2003). Cognitive styles in the service of language learning. *System*, 31, (2003).
14. Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H., & Bretz, S. L. (2007). A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8(2), 212-219.
15. Felder, R.M. & Silverman, L.K. (1988). *Engr. Education*, 78(7), 674-681.
16. Fletcher, J.D. 1992. Individualized system of instruction. Virginia: Institut for Defense Analyses.
17. FMIPA Undiksha. 2017. Pedoman studi program sarjanan dan diploma. Singaraja: FMIPA Undiksha.
18. Friesen, N. (2006). Hug, T., Linder, M. & Bruck, P.A (editors). Microlearning and

- (Micro)Didaktik (On Microlearning). *Proceedings of Microlearning conference*, 41-61.
19. Hug, T. (2006). Hug, T., Linder, M. & Bruck, P.A (editors). Micromedia & eLearning 2.0 (Introductory Note). *Proceedings of Microlearning conference*, 11-16.
 20. Kolb D. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
 21. Leene, A. (2006). Hug, T., Linder, M. & Bruck, P.A (editors). MicroContent is Everywhere (On Microlearning). *Proceedings of Microlearning conference*, 20-40.
 22. Linder, M. (2006). Hug, T., Linder, M. & Bruck, P.A (editors). Learning in Micromedia Environments? (Introductory Note). *Proceedings of Microlearning conference*, 17-19.
 23. Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 69, 34–37.
 24. Mazrekaj, D & De Witte, K. 2020. The effect of modular education on school dropout. British Educational Research Association. 46(1): 92-101.
 25. Mendikbud R.I. (2014). Lampiran Permendikbud nomor 58 Tahun 2014 tetantang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiah
 26. National Academy of Science. (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC : National Academy Press.
 27. NQS (The National Quality Standard). (2011). Inquiry-based learning. *NQS PLP e-Newsletter No.45 2012..*
 28. Ntelok, I. F., Sudria, I.B.N. & Suja, I.W. 2018. Pengembangan perangkat Ppembelajaran saintifik dengan model pembelajaran problem solving melalui penalaran deduktif pada topik laju reaksi. *Jurnal Pendidikan Undiksha*, 2(1): 28-39.
 29. OECD. (2014). PISA 2012 Results in Focus: What 15-year-olds know and 2 what they can do with what they know. Retrieved March 2, 2015 from <http://www.pisa.oecd.org>.
 30. OECD. (2016). PISA 2015 Results – Excellence and Equity in Education. Volume 1. Retrieved March 5, 2017 from <http://www.pisa.oecd.org>.
 31. Parlakkilic (2015) Modular rapid e-learning framework (MORELF) in desktop virtualization environment: an effective hybrid implementation in Nurse Education, Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE, 16(1):3-18.
 32. Peschl, M. F. (2006). Hug, T., Linder, M. & Bruck, P.A (editors). Challenges for a Microlearning-Driven Process of Knowledge Creation Modes of Knowing and Creating Knowledge in Microlearning Environments (On Microlearning). *Proceedings of Microlearning conference*, 62-77.
 33. Redhana, I W., Sudria, I. B. N., Suardana, I. N. Suja, I W., & Handayani, N. K. N. (2018). Identification of chemistry teaching problems of a prospective teacher: A case study on chemistry teaching. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1040 012022, 1-7.
 34. Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1990). *Science for All Americans*. New York : Oxford University Press.
 35. Sanaky, H. 2011. *Media Pembelajaran: Buku Pegangan Wajib Guru dan Dosen*. Yogyakarta: Kaukaba.
 36. Sathishkumar, V. Radha, R. Saravanakumar.A., & Mahalakshmi, K. 2020. E-Learning during Lockdown of Covid-19 Pandemic: A Global Perspective. *International Journal of*

Control and Automation, V13 (4): 1088 -1099.

37. Shen, M.M. (2007). Guided discovery Teaching in Primary Schools to Improve Learning Outcomes evaluated from Independence Students. *Thesis*. Retrived 27 February, 2017 from <https://core.ac.uk/download/pdf/12347311.pdf>
38. Sudria, I. B. N. (2014). Asesmen Kebutuhan Pengembangan Perangkat Pembelajaran dengan Pola Induktif dan Deduktif. *Paper presented at Seminar Nasional MIPA IV* conducted at Universitas Pendidikan Ganesha.
39. Sudria, I. B. N. (2016). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Saintifik dengan Penalaran Dasar Induktif dan Deduktif. In A. Premono, I. W. Sugita, R. Sukarno, & M. A. Akbar (Eds.). *Proseding Konaspi VIII*, 731–746
40. Sudria, I. B.N., Kartowasono, N., Nurlita, F. & Syah'ban, S. (2013). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Kimia dengan Pendekatan Berpikir Deduktif. *Laporan Hasil Penelitian*. Universitas Pendidikan Ganesha.
41. Sudria, I.B.N. Redhana, I. W. 2020. Optimalisasi pelibatan mahasiswa mengidentifikasi dan merajut pengetahuan faktual, prosedural, konsepstual, dan metadkognitif dalam kuliah dengan pendekatan saintifik. *laporan penelitaian*. Singaraja: Universitas Pendidikan ganesha.
42. Sudria, I.B.N. Wiratma, I.G.L. & Sembiring, L.K. 2019. Pengembangan perangkat pembelajaran saintifik dengan model problem based learning melalui penalaran induktif pada topik laju reaksi, *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 3(1): 32-45
43. Sudria, I.B.N., Redhana, I W., Kirna, I M, 2018. Effect of Kolb's Learning Styles under Inductive Guided-Inquiry Learning on Learning Outcomes. *International Journal of Instruction*, 11, 1: 89-102.
44. Tan, M.M.L. (2001). Conscious Investigation and Investigative-Oriented Learning (LOL) in Language Teaching. CAUCE. Núm. 24. MUI LENG TAN, Melinda (UK/Thailand).pp. 225-238. Retrived May 5, 2016 from http://cvc.cervantes.es/literatura/cauce/pdf/cauce24/cauce24_14.pdf.
45. The University of California Museum of Paleontology. (2012). *How science works – Understanding Science*. Berkeley, and the Regents of the University of California. <https://www.understandingscience.org>
46. Thomond, P.N. (2004). Exploring and Describing Management Action for the Pursuit of Disruptive Innovation. PhD *Thesis*. Cranfield University. dspace.lib.cranfield.ac.uk/...ThomondThesis.pdf.
47. Tim Pengembang Kurikulum Undiksha. 2016. Panduan pengembangan kurikulum Undiksha. Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha
48. Wieman, C., & Gilbert, S. (2015). Taking a Scientific Approach to Science Education, Part I–Research. *Microbe*. 10(4), 152-156.
49. Young, X. (2018). A Study on the Mode of Data Structure by Micro Learning Based on Smart Phones. *Advances in Computer Science Research*, volume 83, 286-290.

Optimalisasi keterampilan proses sains sulit tanpa visualisasi pengumpulan dan catatan data eksperimen (pembuktian hipotesis) yang relevan dan konsisten dalam konstruksi konsepsi ilmiah sasaran sebagai ciri dan sekaligus hasil belajar dengan pendekatan saintifik. Prototipe *micro learning* induktif dan deduktif dengan kepastian dan konsistensi batasan konten mikro pada sebuah hipotesis sasaran dengan dukungan video eksperimen ini menawarkan pembuatan unit-unit latihan belajar dengan pendekatan ilmiah yang komprehensif dan konsisten (langsung maupun tidak langsung melibatkan pengetahuan, proses dan produk, serta sikap ilmiah) sebagai salah satu solusi sumber belajar sains terutama melalui daring. *Micro learning* demikian juga diperlukan dalam pembelajaran secara luring, *blended* maupun *hybrid*, paling tidak menyediakan video yang dapat menayangkan ulang pengumpulan dan catatan data dalam pembuktian kebenaran hipotesis. Kehadiran tiga pasang contoh *micro learning* induktif dan deduktif yang mencakup hipotesis mono dan multivariat contoh serta hasil identifikasi dan analisis konsep-konsep ilmiah pokok yang membangun tiga topik contoh sangat membantu mewujudkan batasan dan keterkaitan konsepsi ilmiah yang disasar dengan keraguan minimal tentang validasinya, karena pembuktian hipotesis yang benar sekaligus menjadi panduan validasinya sendiri. Beberapa apresiasi terhadap *micro learning* demikian seperti dukungan pada pembelajaran sains dalam merdeka belajar di SMA diberikan oleh seorang praktisi Kimia (guru Kimia yang aktif dalam Musyawarah Guru Mata Pelajaran atau MGMP) dan dapat menghantar peserta didik mencapai tujuan pembelajaran secara utuh (keterampilan proses, produk dan sikap) diberikan oleh seorang guru Kimia yang aktif menyajikan karya ilmiah.



Dr. Ida Bagus Nyoman Sudria, M.Sc. adalah seorang dosen Pendidikan Kimia dengan gelar Doktor Pendidikan Sains diperoleh dari Universitas Pendidikan Indonesia Bandung, *Master of Science* untuk *Inorganic Chemistry* diperoleh dari Monash University Melbourne Australia, dan Sarjana Pendidikan Kimia diperoleh dari Universitas Udayana pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) yang sekaraang menjadi Universitas Pendidikan Ganesha. Penulis aktif dalam penelitian dan pengembangan program pembelajaran sains serta aktif melakukan pengabdian kepada masyarakat tentang pembelajaran sains dalam rangka *scientific literacy*.

Dr. I Wayan Redhana adalah seorang Profesor Pendidikan Kimia dengan gelar akademik Doctor Pendidikan IPA yang diperoleh dari Universitas Pendidikan Indonesia, Magister Kimia dari Institut Teknologi Bandung (ITB), dan Sarjana Pendidikan Kimia dari FKIP Universitas Udayana (sekarang Universitas Pendidikan Ganesha). Tim penulis aktif dalam penelitian dan pengembangan kimia hijau, keterampilan berpikir tingkat tinggi, pembelajaran berbasis teknologi informasi, dan pembelajaran berbasis kearifan lokal.



Dr. Drs. I Wayan Suja, M.Si. adalah seorang dosen Pendidikan Kimia dengan gelar Doktor Pendidikan Sains diperoleh dari Universitas Negeri Surabaya, Magister Bidang Kimia Organik dari Institut Teknologi Bandung dan Sarjana Pendidikan Kimia dari FKIP Universitas Udayana (UNUD) aktif. Tim penulis menekuni penelitian model mental kimia, pengembang model pembelajaran *TripleChem*, keterampilan proses sains (KPS), *ethnopedagogical content knowledge* (EPCK), dan pendidikan etnokimia, serta aktif dalam pengabdian kepada masyarakat dalam pelatihan masakan vegetarian.