

SCIENTIFIC MICROLEARNING
WITH EXPERIMENTAL VIDEO CLIP SUPPORTS
FOR CORE CONCEPTS OF BASIC CHEMISTRY

Basis for Case Method Teaching
Scientific microlearning Based Learning toward Scientific Literacy

Workshop on

Teaching Method Innovation in Chemistry Learning in collaboration between University of Semarang, the Leading University Project for International (LUPIC) and JAVA-BALI Chemistry Teacher association (MGMP) on February 22-23th 2024 at University of Semarang

Prof. Dr. Ida Bagus Nyoman Sudria, M.Sc.
(GANESHA UNIVERSITY OF EDUCATION)

The Leading University Project for International Cooperation
Sogang University - Indonesia University of Education -
University of Semarang - Ganesha University of Education -
Sanata Dharma University



INTRODUCTION

Innovative aspects of learning strategy are accommodated in this scientific *microlearning* with experimental video clip support (IMEVCS). It is very basic, support almost all Innovative learning models based on the scientific method, such as case-based learning (CBL) and project-based learning (PBL). Our R&D team has continuously developed science learning programs toward scientific literacy. R&D (Sudria, Redhana, and Suja, 2022) succeeded in developing scientific microlearning prototypes with inductive reasoning and deductive reasoning respectively for a basic chemical concept. A total of 24 scientific microlearnings of basic chemical core concepts for three topics (Thermochemistry, Reaction Rates, and Chemical Equilibrium) were successfully created, mostly using inductive reasoning. About three closely related microlearnings are organized in a cluster (module unit) which is expected to be achieved in a week's learning with an integration of two credits units for theory and one credit for laboratory work through small group investigations. Each microlearning sequentially consists of a worksheet, a learning texts of material, and a set of assessment tasks and psottest. Completed worksheet and assignment documents by the learner is very important as authentic assessment for the scientific activities.

Scientific microlearning with inductive reasoning (more naturally reasoning) is designed as a hypothesis of effect and cause patten. Scientific findings more naturally (majority of phenomena) reveal inisiated by observation of factual infromation of effects, then reveal factual infromation of it's cause or sometimes even the cause are still not revealed (without causal and effect finding). For example, the rate of a reaction decreases along the reaction bacause of the concentration (amount of non-visible reactants particles per volume unit) decrease. For beginners, the cause of such phenomena has not been known beforehand (from initial factual observations). The sub-microscopic factual information of cause is so more posibble introduced at associating (data discussion) phase as strengthening understanding of the cause. Forcing presentation the non-visible information of reactant particles as the cause first tends to make learning difficult and leads to learning by rote memorization (rote learning).

Microlearning with deductive reasoning is designed as a hypotesis of causal effect pattern. Some knowledge phenomena with causal phenomena at the macroscopic level can be known earlier, such as wood that is cut into pieces burns more quickly. The obstacle of hidden sub-microscopic phenomena (the number of reactant particle collisions increases in the wood that is broken into pieces) really requires the help of visualization of the initial sub-microscopic factual information because it must be limited to only a clue in the introductory phenomenon for the feasibility of a causal-effect hypothesis in scientific microlearning in which the learners construct scientific knowlwdge by their self even through guidance (not deteriorated by rote memorization). Further visualization of complete cause information including more precised sub-microscopic level is presented again in the associating (discussion) phase.

Each type of inductive and deductive microlearnings can be packaged in hyperdocs template to ensure flexibility in presentation techniques which can be adjust to the level of existing learner's scientific skills, while maintain consistency of desired reasoning

and facilitate appropriate assessment and monitoring of scientific learning level visibility. Hyperdocs templates also provide quick finding needed information within the microlearning document. These hyperdocs templates of microlearning presentation can accompany learner success according to their development stages and can avoid learner stress. A pair hyperdoc examples of microlearning for the same scientific concept target of solution pH, but in different pattern. One is in hypothesis pattern of effect-cause and another hypothesis pattern of cause-effect. These examples can be seen at <https://sudriascienceprocess.com>.

Optimizing the implementation of the basic chemistry microlearnings with the support of experimental video clips through Classroom Action Research (CAR) requires the provision of text changing conceptual knowledge of basic prerequisite chemistry concepts and rubrics for assessing basic chemistry practicum skills. The poor basic prerequisite chemistry concepts mainly with respect to sub-microscopic (molecular) level understanding of the concepts including heterogeneous and homogeneous mixtures, pure substances, elements, compounds, and chemical reactions. The conceptual change text for basic prerequisite concepts and the rubric for assessing basic skills in chemistry practicum which can be accessed at any time is intended as a reference for self-improvement (self-reflection) of learner's basic knowledge and prerequisite scientific skills which are still low. The main treatment of CAR is in the form of providing proactive guidance by lecturers which is slowly reduced until the 7th weekly PTK sub-cycle of learning subjects can carry out learning activities with a scientific approach relatively more independently.

The success of the R&D above still needs to be continued, such as continuing to identify the main concepts for all Basic Chemistry topics and mapping them in the framework of scientific microlearning-based learning that integrally builds meso and macro learning (topics and/or project support for cross sector). Continuation of R&D in the following years includes the development of an automatic performance scoring for worksheets and assignments for a system which provides accurate and fast feedback, and assembling an online scientific microlearning-based program as an effective and high-quality online or blended of science learning.

Kata-kata kunci: scientific skills, experimental video clips, scientific microlearning, mesolearning, macrolearning, module units.

TABLE OF CONTENTS

TITLE	i
INTRODUCTION	ii
TABLE OF CONTENTS	iv
RATIONAL	1
SCIENTIFIC MICROLEARNING MODULE UNIT WITH EXPERIMENT VIDEO CLIP SUPPORT	3
TYPES OF KNOWLEDGE AND THEIR RELATIONSHIP IN THE CONSTRUCTION OF THE CAUSAL SCIENTIFIC CONCEPTION	7
DEVELOPING SCIENTIFIC MICROLEARNING-BASED LEARNING	10
1. Identify core scientific conceptions and its mapping in scientific microlearning based learning	10
2. Development of video clips proving the hypothesis	13
3. Assembly of scientific microlearning inductive and deductive	15
A. Example of a pH scale inductive scientific microlearning	15
B. Example of a pH scale deductive scientific microlearning	28
CLOSING	43
REFERENCES	43
Attachment: Examples of Inductive and Deductive Hyperdocs of pH Scale	46

BACKGROUND

Relevant, effective, synergistic, and consistent learning resources that adapt to development of science and technology are very important in realizing professional teacher outcomes. Learning with a scientific approach to realise scientific literacy for society (thinking, acting and behaving scientifically/rationally) is mandated in global and national science education. *Science for All* educational reform (AAAS, 1993) emphasizes inquiry as science learning content that is indispensable for improving and maintaining the quality of science education. The Program for International Science Assessment or PISA (OECD, 2007; 2014; 16; and 2018) refers to scientific literacy. This mandate requires strong endeavors, since in reality, learning subjects tend to access and copy easily online information (copy paste) and use it without understanding, such as they incapable to explain the copied paragraphs. It also, the information is often partially copied (they leave difficult information). Furthermore, majority of online information are forced to be known begin with knowing cause at first in order to be easily memorized (easier to memorize simple assumption of cause must have a certain effect/s), while mostly knowledge rise with observable effects at first. Even, its cause is often still hard to be revealed. They tend to memorize without concern on rationality of the information.

Science contents for compulsory learning (Science for All) are focused on the basic and useful (life skills), and inquiry (Rutherford & Ahlgreen, 1989; AAAS, 1993). Inquiry is learning through inquiry independently or with guidance. PISA (The Project for International Science Assessment) uses 6 levels of science learning quality. The level 4 category already requires students to have good scientific skills involving two or more independent variables in a limited context. Higher levels (5 and 6) carry out experiments in the contexts of real situations to new situations. Mastery of the relationship between dependent variables (effects) from simpler independent variables (causes) (such as one independent variable) is a criterion below level 4. Science learning should accommodate in an integrated manner the five main paradigms of science learning that can strengthen each other, namely student-centered, constructivist, scientific, transformative, and self-directed learning. Thus, learning science through inquiry or constructing one's own scientific conception, from guided to open inquiry, is an implication of these five paradigms. For this reason, relevant and effective learning resources are needed in the context of quality science learning processes and outcomes.

Rational mandates are not easily realized and in fact tend to worsen in terms of ease of access to information in the era of ICT which continues to develop rapidly. Ease of access to information does not guarantee a rational society, and has tended to increase the degree of uncertainty (chaos) which is a challenge in the world of science education. The habit of learning by rote (rote learning) should be much reduced, and conversely the mindset of students learning rationally (inquiry/scientifically) should increase sharply until it is very dominant among prospective Chemistry teacher students. Science learning in the era of ICT progress faces the main challenge of always ensuring the superiority of rational/scientific learning to rote learning.

Thus, learning science through inquiry or constructing one's own scientific conception, from guided to open inquiry, is an implication of the five paradigms. For this reason, learning resources are needed that are relevant and effective in the context of learning processes and outcomes.

The recommended quality of science learning through inquiry (involving experiments/practicums) should accompany learners being actively involved in inquiry. Learning subjects are involved in formulating problems and/or participating in designing hypothesis proofs as a characteristic of learning through inquiry (Hofstein & Lunetta, 1982; Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Markic 2020 reviewed Mamlok-Naaman, Eilks, Bogner & Hofstein, 2018; Gamage, et al., 2020; Schlatter, Molenaar & Lazonder, 2021; Wei & Chen, 2020). Proving hypotheses, especially causal conceptual knowledge must be based on cause-effect relationships. In learning science through inquiry, learners must be convinced by the validity of the data, the relationship of independent variable data (cause) and dependent variable data (effect) so that they have confidence in the truth of their learning results (self-efficacy), believe with the same result when other people verify it. The use of video clips with a duration of around 5 minutes as a minimum reference for visualizing the main activities of data collection is very important in inquiry learning, taking into account the effective learning communication system in the ICT era via mobile and blended learning.

Inquiry-based science learning resources that are effective and easily accessible online are needed in the ICT era to strive for the superiority of rational learning over rote learning. Sudria et al. has succeeded in making several efforts in this direction, starting from developing prototypes of basic learning tools and learning guide formats using scientific approaches, respectively, with consistent inductive and deductive reasoning (2015), but the packaging of learning tool documents is still separate. From the basic prototype of this learning tool, it has been successfully adapted into the development of a problem-based learning model (Sudria, Wiratma, & Lysa, 2019) which follows the inductive reasoning, and problem-solving learning model (Ntelok, Sudria, & Wiratma, 2019) which follows deductive reasoning. Both learning models succeeded in providing significant student learning gain scores, even though the average learning outcomes were not classified as very good. Efforts to improve programs to maximize learning effectiveness continue to be made, such as combining learning tools into microlearning and mesolearning module units.

The separateness of the learning tool documents, namely lesson plans, student worksheets, learning material texts, and assessments still does not provide practicality in their use which is not optimal in encouraging each related document to be read. Such conditions in secondary schools and perspective teacher education are not much different. Packaging learning/lecture tools with a scientific approach in an integrated manner in the form of a learning module units, as a systematic and stay alone science learning resource will contribute to achieve learning targets. It also contributes to increase science learning resources in providing adequate quality science learning processes for online and blended learning, so that learning situations that only

go through online such as in social limitations such as in the Covid-19 pandemic will not panic education system.

Scientific microlearning-based science learning offers many advantages, including the following. (1) Learning leads to the preparation of a learning program which involves comprehensive domain learning (including processes, products and attitudes in an integrated manner). Identification of target core concepts which are going to be scientifically constructed for a sub-topic/s, and further for the topic will have sufficient concepts and be closely related in providing microlearning and then moving towards mesolearning and microlearning as meaningful learning. (2) Learning program encourages the availability of relevant and effective learning resources and is flexible in their implementation according to the stages of cognitive development and development of ICT. (3) The learning program provides accountability for learning through inquiry. Scientific microlearning encourages rational learning (scientific skills) which can reduce the tendency of rote learning in situations such as easy access, copy, and paste of online information.

SCIENTIFIC MICROLEARNING MODULE UNIT WITH EXPERIMENT VIDEO CLIP SUPPORT

A learning module is a form of teaching material that is packaged completely and systematically, containing a series of learning experiences that are planned with a design to help learners master the learning objectives as integral parts to the education aim. The presence of learning modules is needed in almost all situations, from handling problems to overcoming school dropouts (Mazrekaj & De Witte, K., 2020), learning resources for people with disabilities (Anderson et al., 2020). Learning modules facilitate individual learning (Baker, G.L., 1970; Fletcher, 1992) and continue to develop into learning modules that are able to facilitate comprehensive learning competencies (Butcher, Davis, & Highton, 2006; Cuzzolino, Grotzer, Haris, & Weissbound, 2019). There can be various types of modules, such as being able to stay alone, support each other, rotate to be refined in units forming the next module (especially for generic skills or competencies), or become the basis for the next module/module unit. (Butcher, Davis, & Highton, 2006). The type of module must be in accordance with the type of curriculum as a design for implementing the education system to realize the achievement of the benchmarks/quality of the educational targets being designed.

Modules as systematic learning programs can be flexibly adapted to the desired learning system references such as scientific learning (Cuzzolino, Grotzer, Haris, & Weissbound, 2019) either with inductive or deductive reasoning or with a combination of inductive and deductive. Learning units that combine inductive and deductive reasoning with opposing lines of reasoning must be carefully designed to provide a strengthening impact, such as half the period of Kolb's experiential learning cycle (concrete experience and reflective observation phase) the

generalization phase tends to follow the inductive reasoning and the next half period (abstract conceptualization phase and the active experimentation phase) the verification phase tends to follow deductive reasoning, but if they are not careful enough they can have the effect of weakening each other and tend to strengthen the habit of rote learning (Sudria, 2016).

Scientific microlearning module unit with video clip facilities for proving hypothesis (experiment) sequentially contain a worksheet, a learning material texts, and assignments (including assessments) with online links of video clips namely to support background at phenomena section, experimental data collecting, and data analysis (Sudria, Redahana, & Suja, 2023). This learning module unit prototype is not yet available in secondary schools and is very necessary to support teacher professionalism in such as information and technology era. Online link facilities for experimental video clips are very important in scientific microlearning for quality science learning through online and blended learning. Video clips that present the main activities and core data to prove a hypothesis can have several functions such as visualizing a guide to the expected experimental activities, replaying experiments that are often needed in learning, and as confirmation of the suitability of the desired experiment. Repeating an experiment to re-examine important things that were forgotten to confirm the experimental data is very inefficient. Scientific microlearning that builds on mesolearning and then macrolearning consistently supports science process skills and meaningful learning. Effective microlearning is needed (Peschl, 2006; Friesen, 2006; Young, 2018; Gerbaudo, Gaspar & Lins, 2021).

Microlearning has been developing very rapidly since the 2005 conference in Austria. The development of ICT has changed living, working and learning environments such as microlearning. Microlearning is a platform for viewing and discussing the impact and development of all technologies and practices where micro content is used, produced and circulated. Micro content constitutes to a single idea, concept, or thing; a structure with complete contents (self-contained); inseparable in providing meaning; and can be effectively addressed with a typical database name (Leene, 2006).

Micro contents can be collected according to type, field, or other things (Leene, 2006). The data structure for microlearning can even be designed more systematically in the form of a microcurriculum by changing sources into fragmented sources, static sources into dynamic ones, long duration and boring content into flexible learning microcurriculum (Young, 2018).

Sudria, Redhana, and Suja (2023) have succeeded in developing a prototype of an scientific microlearning module unit with support of video clips to prove a formulated or targeted hypothesis. Scientific microlearning limits micro content only one scientific conception (a hypothesis) with the support of video clips proving the hypothesis. The hypothesis limited micro content with support of one or several video clips is an inseparable unit (self-contained) and is effective as micro content. Scientific micro learning unit directly accommodate scientific skill (psychomotor), scientific conception targets (cognitive), and at least indirectly also accommodates scientific attitude and/or others related aspects of affectives.

Scientific microlearning is learning through inquiry or application of scientific procedures. This learning involves comprehensive learning domains (including skills, cognitive, and affective) that are highly stimulating critical thinking (Bassham, Nardone, & Wallace, 2008; Garcia-Carmona, 2023) and creative thinking (Beatty, et al., 2023; Baysal, Yörük & Ocak, 2023), and can adapt to advances in information and communication technology. Demand of mobile learning cannot be avoided. The feasibility of effectively online visual information sharing, such as experimental video clips of approximately five minutes in length in microlearning module unit (Anderson, Sarlo, Pearlstein & McGrath, 2020; Mazrekaj & Witte, 2020) is strongly supports the development of scientific microlearning.

Scientific microlearning is actually a limited, basic project that tends to have more controlled success. Clusters of content of several related hypotheses for a subtopic are still worthy enough to be considered as micro contents (at least meso content for a mesolearning). Microlearning units can be further developed for a topic/s and/or a quite big project (macrolearning).

Scientific microlearning with the facility of experimental video clips focused on the main scientific conception as causal conceptual knowledge provides many advantages. Three main advantages are as follows.

Firstly, the scope of content which is limited to only one causal scientific conception strongly encourages involvement in the comprehensively learning domains (integrated cognitive, skills, and scientific attitudes) and will have an impact on quality science learning (science as a process). Identification and mapping micro contents integrally build sub-topic/sub-theme and further for the topic or the thema that are built lead to meaningful learning. The consistency of learning in the form of constructing a scientific conception which involves initial observation, formulating an scientific question, designing and collecting experimental data, analysing experimental data to confirm the causal hypothesis claim, and communicating scientific activities leads to a more relevant and consistent quality assessment of learning. The number of main scientific conception targets in a topic/thema and their mapping refers syllabus (including the time allocation provided to achieve the targets) of the applied curriculum. It could also arrange the number of related core scientific conceptions of targets (number of microlearnings) programmed in weekly module unit of about 1-3 concepts (consisting about 1-3 microlearnings) for a learning load of 2-3 credit units. The formulation of every scientific conception follows the type of reasoning (inductive/deductive) considered observed factual knowledge, the feasibility of scientific procedure, and prerequisite knowledge hinted in the paragraph/s of phenomena and surroundings as the background. The formulation of scientific conceptions tends to be in the effect-cause pattern if following inductive reasoning or cause-effect pattern if following deductive reasoning. For beginners in learning with a scientific approach, consistent activities following inductive or deductive reasoning are needed to reduce the tendency to memorize or rote learning (Sudria, 2016).

Secondly, the segments of scientific microlearning with experimental video clip support can presented using hyprdocs template to provide its flexible conduct anticipating readiness level

of learners in carrying out activities of scientific learning phases. Each microlearning module unit presents three main document parts sequentially, namely (a) worksheet to optimize learner engagement (student-centered), (b) affirmative information texts to ensure the success of achieving of the desired scientific conception for all learners, and (c) assignments and assessments to monitor the level of learning achievement which can also be considered as announcing indicators of learning achievement of the scientific learning target when learners do it. The learning activities in each document of the three main session documents completely and consistently present the 5-phase scientific activities (observing, asking, collecting data, associating, and communicating) for the same target. The same scientific conception (the expected hypothesis) as well as becoming the limit scope of the micro content of the conducted microlearning unit. The worksheet begins by presenting a paragraph on background phenomena hinting new factual knowledge, principles of experimental data collecting and analysis procedures, and main prerequisite knowledge related to the targeted scientific conception. Learners are expected to engage in scientific learning by their-self through guided and/or open inquiry with begin from works on the worksheet (document part a). The worksheet begins with an introductory phenomenon as the background to the construction of the target scientific conception, which hints initial factual knowledge, required principle scientific procedure, and prerequisite knowledge as assistance to successfully finding the expected scientific question and/or hypothesis formulation. Hopely after completing the worksheet, learners will read the next document session of affirmative learning text. It provides affirmative information inlign to the structure of scientific activity phases within the worksheet previously done regarding the construction of the targeted scientific conception (part b document), offer approval or direction for improving construction of the targeted scientific conception that filed in the worksheet. The final part (part c) in the form of assignments and assessments involves learning subjects summarizing the types of knowledge related to the construction of the target scientific conception, practicing solving relevant questions, especially those in global learning resource books. The three documents consistently and harmoniously follow the same scientific reasoning (5M inductive or deductive) in the construction of the same scientific conception target. Formative cognitive question items which primarily accommodate the ability to observe, formulate hypotheses and analyze variables, and analyze the relationship between cause-effect data (the relationship between independent variables and dependent variables with limitations by control variables) are also provided separately. Implementation of formative tests can be carried out according to the situation so that they are conducive and effective (such as only for one microlearning or combined for several related microlearning units).

Thirdly, scientific microlearning with experimental video clip facilities provides the feasibility of learning through inquiry, even for learning schedules with limited face-to-face time allocation (2-3 credits) with tight scheduling. Of course, it also is appropriate with more flexible learning activity schedules. Implementing learning with a scientific approach is not easy, as has occurred in curriculum implementation in Indonesia. Changing the habit of mind from rote learning (the habit of memorizing) to a rational habit (scientific learning as a characteristic or

towards scientific literacy). The curriculum in Indonesia has actually mandated the formation of science process skills with a variety of terms since the 1975 Curriculum (science as a process), then the 1984 Curriculum (active student learning methods), the 1994 Curriculum (return to science process skills), the 2006 Curriculum (authentic assessment), the 2013 Curriculum (learning with a scientific approach), and most recently the Merdeka Curriculum (project-based learning). Everything goes towards rational skills (science process/scientific work). However, the results are still very far from expectations.

Optimizing the application of microlearning with the support of experimental video clips still encounters these obstacles, even in the first semester of undergraduate chemistry education students (Sudria and Redhana, 2023), which confirms previous findings that senior semester students in microteaching courses still have difficulty designing learning activities with the scientific approach (Sudria & Redhana, 2019). First semester students do not have sufficient scientific skills and basic scientific knowledge about mixtures (including solutions), substances (elements and compounds), and chemical reactions, especially in relation to material particles that give rise to the properties of matter.

The implementation of scientific microlearning-based learning begins by providing a text of conceptual change for the prerequisite scientific conceptions and rubrics for assessing basic laboratory work skills that are easily accessible at any time. Next actions, learning starts from providing intensive and proactive guidance from the lecturer up to around three weekly sub-cycles of three credits lecturings, then slowly the initiative of proactive guidance from the lecturer was reduced to providing guidance at the request of the students themselves who are experiencing problems, but monitoring the progress of the learning process and outcomes with the scientific approach continued to be carried out. Starting from the 7th weekly sub-cycle, scientific learning can occur relatively smooth. The development of gain scores continues to improve, especially for learning objects that involve observing factual knowledge that can be clearly observed, such as the quantitative relationship of reaction time with the amount of change in substances in the reaction for the topic of reaction rate. The lower development of gain scores occurred in learning objects with factual information that seemed abstract (less clearly observable directly) such as predominantly observing a series of static molecular models, although it was optimized by using dynamic molecular animation video clips on the topic of chemical equilibrium.

TYPES OF KNOWLEDGE AND THEIR RELATIONSHIP IN THE CONSTRUCTION OF THE CAUSAL SCIENTIFIC CONCEPTION

Anderson & Krathwohl (2001) describe four types of knowledge as follows. (1) Factual knowledge includes terms, specifications (specific details) and basic elements in a domain. (2) Conceptual knowledge is the relationship between basic elements in a larger structure that allows them to function together (can be in the form of classifications, categories, principles, generalizations, theories, models and structures). (3) Procedural knowledge as a way to do something such as inquiry methods and criteria for skills, algorithms, technique/s and method/s.

(4) Metacognitive constitutes to person's knowledge about their cognition especially for scientific conception. Construction of a causal conceptual knowledge involves the other three types of knowledge. Factual knowledge constitutes information for independent, dependent, and control variables. Procedural knowledge in the form of the scientific procedure in experimental data collecting and analysis. Metacognitive as reflective strategy for strengthening the constructed scientific conception. The relationship is implied in the example in constructing causal scientific conception of calorimeter capacity (Table 1).

Tabel 1. The relationship between types of knowledge in the construction of causal scientific conception of calorimeter capacity

Factual knowledge	Applied Scientific procedure	Independent variable (IV)	Dependent variable (DV)	Control variable (CV)	Causal conceptual knowledge	Prerequisite knowledge	Metacognitive
• Calorimeter (CM) absorbs / releases heat • CM has a certain/fixed heat capacity (C) in units of calories/oC • A CM has a mass and is made of a certain material (it is enough to determine it once if it is used repeatedly) • Other CMs tend to have different calorimeter capacity (C)	1) observes phenomena & records initial information for the need of formulating problem & hypothesis 2) formulates the scientific question 3) formulates a hypothesis & designs the experiment 4) collects experimental data 5) analyzes the experimental data to prove the hypothesis 6) draws conclusion 7) discovers a metacognitive	Calorimeter with its own mass & its building material	• Calorimeter capacity (C)	• The volume & pressure of the system remains constant (only energy transfer occurs in the form of heat)	• Calorimeters absorb/release heat per degree of temperature or have a certain/fixed heat capacity (C) because they are made from the same material and their mass does not change, but tend to be different from other calorimeters	• <i>Black's principle</i> • Straight line graph elaboration method	• A calorimeter has a mass and is made of certain (same) material, but the both components are usually different from other calorimeters • it is only determined once if used repeatedly

The construction of scientific conceptions (conceptual knowledge) of effects and causes uses scientific procedures to reveal the relationship between causes (variations in the value of the independent variable) and consequences (variations in the values of the dependent variable). The variation values of the independent and dependent variables, as well as the situation of the control variables, belong to factual knowledge. The reflection strategy in the context of verifying a successfully constructed scientific conception leads to metacognition of the scientific conception. For the smooth construction of a scientific conception also requires mastery of prerequisite knowledge. For example, the relationship between types of knowledge in the construction of the scientific conception of the pH scale with inductive reasoning and with deductive reasoning is presented in Table 2.

Table 2. The design of proving inductive and deductive causal hypotheses of pH scale of solutions in water

No	Hipoteses	Water solotios of strong acid and base	VB		VT		Contr ol varia- ble	Prereq uisite know- ledge
			[acid] or [basa]	calculated [H ⁺] or [OH ⁻] in solution	Measur ed solution pH	-log[H ⁺] or 14 – log [OH ⁻]		
Topik larutan asam dan basa								
1	pH scale Inductive: "at a temperature of 25°C and a pressure of 1 atmosphere, the pH measured using a pH meter and/or universal indicator paper is equal to –log [HCl] = -log [H⁺] for HCl (monovalent strong acid) and equals 14 - (- log [NaOH]= -log [OH⁻]) for NaOH (monovalent strong base) and pH 7 for pure water (aquades), because HCl is completely ionized in water resulting [H⁺] which are the same as [HCl] and also NaOH ionized perfectly in water resulting [OH⁻] which are the same as [NaOH] and H⁺ ions and OH⁻ ions from the self-ionization of distilled water have the same concentration that equal to the square root of the equilibrium value of self-ionization of water (with a value of Kw = 10⁻¹⁴)" . Deductive: "At a temperature of 25°C and a pressure of 1 atm, a solution of HCl in water completely ionized resulting [H⁺ ions] which are the same as [HCl] and also perfectly ionized NaOH in water resulting [OH⁻] which are the same as [NaOH], as well as [H⁺] and [OH⁻] from the self-ionization of distilled water with an equilibrium constant of water self-ionization (Kw) at a temperature of 25°C ois 10⁻¹⁴ which gives a pH value of the solution in water of –log [H+] = -log [HCl] for HCl and 14- (-log[NaOH]) = 14- (-log[NaOH]) for NaOH solution and pH 7 for distilled water..	Hidroclor ic acid solutions	0.100 M	0.10 M ion H ⁺	1	1	• Tem pera ture 25°C & pres sure 1 atm • Acid or base conc entr atio ns ≤ 0.01 M	• Ioniz ation of solut e in the water r solut ion
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			
Distilled water		murni	10 ⁻⁷ M ion H ⁺ and also 10 ⁻⁷ M ion OH ⁻	7	7			
Natrium hidroksi- da solutions		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			

DEVELOPING SCIENTIFIC MICROLEARNING BASED LEARNING

1. Identification of core scientific conceptions and their mapping in scientific microlearning-based learning

Development of scientific microlearning in this work starts with identifying and mapping science causal core concepts, and formulating every hypothesis as micro content of each microlearning. Hypothesis statement with effect and cause pattern is appropriate for inductive reasoning and cause and effect pattern for deductive reasoning. Effort to optimize the comprehensiveness of the learning domains is expected in every science microlearning. A micro content of a causal scientific conception (an hypothesis during the process) is expected to avoid the poor comprehensiveness learning domains involved in a micro content. Incomplete hypothesis proving can lead back to learning science through rote learning. Identification of effective scientific conception claim in accordance with inductive and deductive reasoning is intended to learning process control by teachers especially for learners with inadequate scientific skills.

Identification of concepts to be constructed via learning with scientific approach is limited to the scientific core concepts that build a topic, because of the time allocation limit of study to fulfill learning targets in the curriculum for formal education levels. Scientific microlearning actually offers a self-contained learning resource. Inductive and deductive microlearning prototypes with experimental video clip support and product examples have successfully developed (Suria, Redhana, & Suja, 2023). Each prototype is greatly contributed by the appropriateness of experimental video clips support to the scientific phases of the scientific microlearning. Both prototypes have adequate validity. Both were developed applying combined the Borg and Gall R&D models for creating the microlearning and the Luther model for the video clip media support. Combining both R&D models strengthened the prototypes, such as the need assessment phase of Borg & Gall model with the concept phase of Luther model, the designing phase with product design phase, the product manufacturing phase with the collecting and assembly phase, the initial testing as preliminary product testing phase with the testing phase.

A hypothesis proof design that involves identifying the dependent variable (DV), independent variable (IV), and realizing the limitations of the situation by determining the control variable (CV) so that learning via investigation (scientific approach) can be successfully carried out. Furthermore, the success of an investigation requires the adequacy and accuracy of providing variations in IV values or samples (experiment treatment), anticipating variations in DV values (treatment effects) that will be observed in variations in DV values within controlled experimental situations (CV). Without CV, the observed causal relationship between IV value variations and DV value variations would be disrupted.

Sudria, Redhana, & Suja (2023) have succeeded in developing prototypes of inductive and deductive microlearnings with three pairs of examples of inductive and deductive

microlearnings. The micro contents of the three pairs of the microlearning examples are pH scale for acid base subtopic, factors that influence reaction rates from the reaction rate topic, and decrease in the saturated vapor pressure of a subtopic of colligative property of solutions. In the context of the sustainability/connectedness of microlearning for more meaningful learning, and the feasibility of having approximately weekly learning module units for a course that integrates 2 credits of theory and 1 credit of laboratory work, it can be identified clusters of causal chemical concepts. Scientific concepts within a cluster should be closely connected for micro contents of microlearnings. The core scientific concept clusters identified for the Basic Chemistry part II learning target (integrates 2 credits of theory and 1 credit of practice) are presented in Table 3 (Sudria, Redhana, & Suja, 2022).

Table 3. Recapitulation of the main scientific concepts targeted and their clustering for weekly lesson module units for integration lectures 2 credits of theory and 1 credit of laboratory work

Topic & weeks	Concept clusters	Concepts	Experimental data (collecting data likes jigsaw model)	Meeting time allocation
Lesson plan socialization				100 minutest
Thermochemistry (I-III)	1_TK-1	• Calorimeter capacity	Video clip reference of experimental primary data (direct observations)	170 m week-1 + 120 m week-2
		• Enthalpy change measured from reaction heat		
		• System and surrounding		
	2_TK-2a	• Bond energies	Secondary experimental data	150 m week-2 + 100 m week-3
		• ΔH predicted using bond energies		
		• ΔS in phase transition		
		• Spontaneity		
	3_TK-2b	• The Hess law	Secondary experimental data	170 m week-3
		• The Born-Haber cycle		
Reaction rates (IV-VI)	4_LR-1	• Reaction rate expression	Primary experimental data	270 m week-4
		• Average reaction rates		
		• Instantaneous reaction rates		
	5_LR-2	• Temperature effect on reaction rates	Primary experimental data	270 m week-V)
		• Concentration effect on reaction rates		
		• Surface area effect on reaction rates		
		• Catalyst effect on reaction rates		
	6_LR-3	• Reaction orders	Secondary experimental data	270 m week-6
		• The rate law		
		• Collision theory on reaction rates (including a reaction step determining the reaction rate)		
Chemical equilibrium	7_KK-1	• Reversible chemical reactions	Primary experimental data supported by sub-microscopic	270 m week-7
		• Equilibrium constants of homogeneous reactions (K_c dan K_p) supported by molecular presentation		

(VIII-IX)		Equilibrium constants of heterogeneous chemical (including K_{sp})	animation video clips	
	8_KK-2	Concentration effect on chemical equilibria	Primary experimental data extended with secondary experimental data (from references)	270 m week-8
		Themperature effect on chemical equilibria		
		Catalyst effect on chemical equilibria	secondary experimental data (from references)	
IX	Middle semester exam			3 x 50 m week-9
Solutions (X-XII)	9_L-1	Solubility of solute in solvent with respect to polarities of solute and solvent	Primary experimental data	100 m week-9 + 170 m week-10
		Concentration of solutions		
		PH scale (acidity/basicity) of acid and base solutions (Arrhenius)		
		Solution pH of strong acid and base		
		pH of weak acid and base solution attributed to its ionization equilibrium constant		
	10_L-2	Acid and base reaction via titration curves	Primary experimental data measured by pH meter involving monovalent acid and base (extended with secondary experimental data from references)	100 m week-10 + 170 m week-11
		pH of salt solutions resulted from strong acid and base reactions (using observed pH of equivalence point in its titration curves)		
		pH of salt solutions resulted from weak acid and strong base reactions (using observed pH of equivalence point in its titration curves)		
		pH of salt solutions resulted from weak base and strong acid reactions (using observed pH of equivalence point in its titration curves)		
	11_L-3	Buffer solutions (defined)	Primary experimental data measured by pH meter extended with secondary experimental data (involving monovalent acids and bases)	100 m week-11 + 170 week-12
		pH of acid buffer solutions		
		pH of base buffer solutions		
		Capacity of buffer solutions		
	12_L-4	Indicators of reaching equivalent point in acid and base titrations	Secondary experimental data verified by primary experimental data	100 m week-12
		Analysis acid or base example via titration		
	13_L-5	Colligative properties of non-electrolyte solutions: Vapor pressure decreases of non-	Primary experimental data extended with	270 m week-13

		electrolyte and electrolyte solutions • Elevating boiling points of non-electrolyte and electrolyte solutions • Melting point depressions of non-electrolyte and electrolyte solutions • Osmotic pressures of of non-electrolyte and electrolyte solutions	secondary experimental data (from references)	
Redox reactions (XIII-XVI)	14_RD-1	• Development of redox reaction concept	Secondary experimental data from references	100 m week-14
		• Oxidation numbers		
		• Redox reaction equation		
		• Electrochemistry cells (defined: spontaneous redox in close electric circuit)	Primary experimental data	170 m week-14 + 100 m week-15
	15_RD-2	• Cell potential of an electrochemistry cell		
		• Standard reduction electrode potential (as a half of cell potential as reductive reaction of an electrode)	Secondary experimental data from references	
XVI	Final semester exam	• Elektrolysis (non-spontaneous redox in in close electric circuit) in water solution	Primary experimental data (demonstration)	170 m week-15 + 100 week-16
		• Elektrolysis of molten electrolytes	Secondary experimental data from references	
				150 m week-16

2. Development of video clips proving hypotheses

The development of the Luter model involves the stages of concept, designing, collecting material, assembly, testing and distributing to produce a prototype of video clip supporting either inductive or deductive scientific microlearning. The contents of microlearnings are basic chemistry concepts, so the created microlearnings can be appropriate for secondary school and also students in the first year of prospective chemistry teacher education. This prototype can create video clip for scientifically learning of a concept either inductive or deductive reasoning. The created video clips will be fruitful especially for basic chemistry learning. The stages of developing video clips to prove hypotheses (experiments) to support scientific microlearning are presented in the flow diagram in Figure 2.

The stages of developing experimental video clips for supporting scientific microlearning	
<i>Concept</i>	• The need to provide videos proving hypotheses (experiments) for inductive and deductive scientific microlearning in the implementation of learning with a scientific approach online • The same video is also really needed in learning through blended learning or offline, at least as a recording of collecting experimental data that can be viewed again when needed by most learners in ensuring that the data used to prove the hypothesis is valid and reliable, so the learners will believe that the results of the construction of the targeted scientific conception are correct.
<i>Designing</i>	• The program mapping of learning consistently follows an inductive and deductive scientific approach in the form of experimental video clips that adapt to learning objects, activities and assessments using a scientific approach in the design of inductive and deductive microlearning units. Learning objects include targeted scientific conceptions of secondary school chemistry (Basic Chemistry). Recording activities in video clips mainly include collecting and recording experimental data according to the learning worksheet • synopsis preparation in the form of a brief summary in accordance with the mapping program, mainly a summary of recordings of collectiing relevant experimental data for the learning object, a plan for proving targeted hypotheses, and assessments • storyboard making includes visual and audio aspects as well as a glossary that will be used in the video.
<i>Collecting material</i>	• <i>learning content</i> includes factual, procedural, conceptual, and metacognitive knowledge to facilitate independent variables, dependent variables, and control variables for each targeted scientific conception • <i>scientific skills</i> in the video mainly includes skills in collecting and recording experimental data based on initial information observation skills from background phenomena paragraph/s and in around for the learning object using inductive and deductive scientific approaches, formulation of an scientific problem, formulation of hypothesis and design of proof of the hypothesis. • Video clips proving hypotheses (experiments) mainly contain recordings of data collection and records of experimental data as well as molecular (sub-microscopic) animations to reveal cause and effect relationships according to the formulation of the hypothesis.
<i>Assembly</i>	• organizing video clips into learning worksheets in scientific micro learning units with inductive reasoning and deductive reasoning.
<i>Testing (awal)</i>	• Expert validation of the video clip prototype proving the hypothesis/experiment with the product examples produced • Practitioner/teacher responses to the experimental clkp video prototype with the product examples produced • Test the readability of the video clip support for proving the hypothesis/experiment with the product examples produced especially in the section on collecting and recording data to prove the hypothesis and the overall of a microlearning that is supported on a limited sample of users/students.
<i>Distributing (skala kecil)</i>	• Inductive and deductive scientific microlearning units with supporting documents, especially worksheet file and related hypothesis proof video clip files are stored in Google Drive, so that it can be accessed by validators, practitioners/teachers, and learners.

Figure 1. Flow chart for developing experimental video clips supporting microlearning

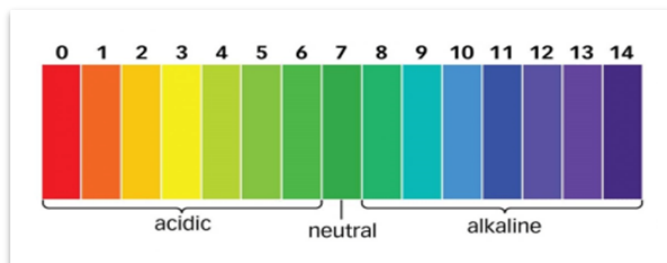
3. Assembling inductive and deductive scientific microlearnings

A. Example of a pH scale inductive scientific microlearning worksheet

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 - penilaian.

a. Worksheet

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!

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) Bahan dan alat

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

a) Bahan dan fungsinya:

b) Alat, spesifikasi, dan fungsinya:

c). Cara Kerja

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



<https://youtu.be/fwlvPrekCBc>

4) 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).

5) Pelaksanaan pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan mengikuti prosedur yang dikembangkan dari desain pembuktian hipotesis (Tabel 2) seperti dalam rekaman video (<https://youtu.be/fwlvPrekCBc>). 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	HCl 0,1 M			25°C
	HCl 0,01 M			
	HCl 0,001 M			
	HCl 0,0001 M			
	HCl 0,00001 M			

menentukan besar pH larutan	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

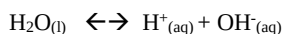
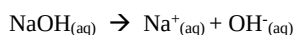
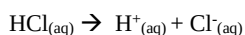
Pada tahapan mengasosiasi, diharapkan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini melalui data yang telah diperoleh dalam tabel di bagian mengumpulkan data, serta dari mencermati ulasan materi pada *power point* di bagian mengasosiasi ataupun melalui sumber-sumber yang relevan, sehingga dapat menyimpulkan 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 [HCl] dan [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 H₂O sebagai berikut.



Air murni atau aquades bersifat netral (tidak asam atau basa/pahit), karena mengandung konsentrasi ion H⁺ dan OH⁻_(aq) sama. Air hanya terionisasi sedikit menghasilkan ion H⁺ dan OH⁻. Dari sumber informasi ditemukan bahwa, pada suhu 25°C hasil kali antara [ion H⁺] dan [ion OH⁻] dari ionisasi diri air atau K_w adalah 10⁻¹⁴. Air murni memiliki [ion H⁺] = [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 $[H^+]$ dan $[OH^-] = 10^{-14}$ mengarahkan pada pengungkapan skala pH sebagai derajat keasaman/kebasaan larutan dalam air 1-14.

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

Kehadiran asam (tambahan $[H^+]$) 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 $[H^+]$ dan $[OH^-]$ 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	$-\log[H^+] = 14 - \log [OH^-]$	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 dapat diabaikan dalam menentukan pH larutan asam maupun basa elektrolit kuat (ingat hasil kali $[H^+][OH^-]$ dalam air pada suhu 25°C, sehingga ditemukan rumus untuk menghitung pH larutan dalam air? Harga K_w pada 25°C adalah 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 $[ion\ H^+]$ 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 $-\log [\text{HCl}]$ untuk HCl (asam kuat monovalen) dan sama dengan $14 - (-\log [\text{NaOH}])$ untuk NaOH (basa kuat monovalen), serta pH 7 untuk air murni, karena HCl terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[\text{ion H}^+]$ yang sama dengan $[\text{HCl}]$ dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[\text{ion OH}^-]$ yang sama dengan $[\text{NaOH}]$ 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°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
	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 $[\text{ion H}^+]$ yang sama dengan $[\text{HCl}]$ dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[\text{ion OH}^-]$	Asam/ basa kuat	[asam] atau [basa]	$[\text{H}^+]$ atau $[\text{OH}^-]$ hasil ionisasi	pH larutan terukur terukur (pH meter dan/atau kertas universal)	$-\log [\text{H}^+]$ atau $14 - \log [\text{OH}^-]$
		Asam klorida	0.100M	0.10 M ion H^+		
			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 $[\text{OH}^-]$		
			10^{-5} M	10^{-5} M ion $[\text{OH}^-]$		
			10^{-4} M	10^{-4} M ion $[\text{OH}^-]$		
			10^{-3} M	10^{-3} M ion $[\text{OH}^-]$		
			0.01 M	10^{-2} M ion $[\text{OH}^-]$		
						• Asam monovalen elektrolit kuat • Basa monovalen elektrolit kuat • Suhu 25°C & tekanan 1 atm

Commented [B1]: Untuk induktif, kolom ini juga diisi pada fase M4

Commented [B2]: Untuk induktif kolom lembar diisi pada fase M4

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 $K_w = 10^{-14}$).	0.100 M	0.100 M ion $[OH^-]$			• Konsentrasi asam atau basa dari 0,100 s.d. 1×10^{-6} M
	1.00 M	1.00 M ion $[OH^-]$			

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

Bahan	Alat
• 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 • Aquades	• 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

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 ($25^\circ C$) disiapkan dari pendinginan air murni yang telah dipanaskan (untuk menghilangkan asam karbonat yang terbentuk dari CO_2 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

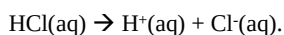
Hipotesis	VB		VT		VK
	Asam/ basa kuat	[asam] atau [basa]	[H ⁺] atau [OH ⁻] hasil ionisasi	pH larutan terukur terukur (pH meter dan /atau kertas universal)	-log[H ⁺] atau 14 - log [OH ⁻]
Pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, pH hasil pengukuran dengan pH meter dan/atau kertas indikator universal sama dengan -log [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 Kw = 10 ⁻¹⁴).	Asam klorida	0.100 M	0.10 M ion H ⁺	1	1
		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

Commented [B3]: Video proses pembuatan larutan 0,100 M HCl dan 0,100 M NaOH dengan standarisasinya dan pengenceran (VB), serta pembacaan pengukuran pH larutan masing-masing (VT).

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 10⁰.

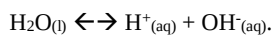
Pembahasan

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 Kw 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⁻] = 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 Kw = [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 Kw = 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

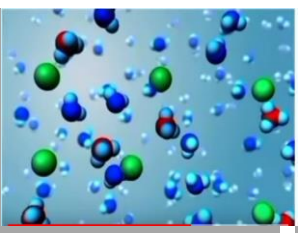
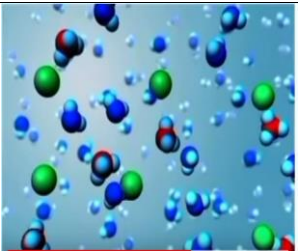
1. Silberberg, M.S. (2003). *Chemistry The Molecular nature of Matter and Change*. Third Edition. New York: McGraw-Hill Higher Education.
2. Silberberg, M.S. (2010). *Principle of General Chemistry* 2nd edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc
3. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle 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. Example of a pH scale inductive scientific microlearning worksheet

MICRO LEARNING DEDUKTIF

SKALA KEASAMAN (pH) LARUTAN

(SUBTOPIK INDIKATOR ASAM BASA)

 https://www.youtube.com/watch?v=wpH0Uz_aSt0 strong electrolyte of NaCl solution	 https://www.youtube.com/watch?v=rKqYE5sZ11s HCl solution (Strong acid)	 pH meter
 Bromothymol blue in various pH (https://www.youtube.com/watch?v=OLX9QUmxPE)	 https://www.youtube.com/watch?v=rKqYE5sZ11s 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 dan penilaian.

a. Worksheet

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

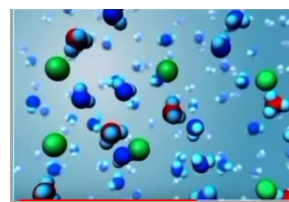
Konsentrasi (molaritas) suatu ion seperti ion H^+ atau OH^- dalam larutan dapat memengaruhi secara kuantitatif aliran listrik dalam bentuk kuat arus atau beda potensial yang besarnya dapat terbaca dalam skala alat ukur seperti yang diberdayakan dalam pH meter. Larutan asam dalam air mengandung ion H^+ , 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 $[NaOH]$. Keberadaan $[H^+]$ dan sekaligus $[OH^-]$ dalam air mengikuti pergeseran kesetimbangan ionisasi diri air, sehingga



<https://www.youtube.com/watch?v=w>



<https://www.youtube.com/watch?v=rKqYE5sZ1Is> - HCl

skala keasaman dan kebasaan dapat digabung dalam satu skala yaitu skala pH. Harga pH dapat diubah menjadi harga pOH 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) Bahan dan alat

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

a) Bahan dan fungsinya:

b) Alat, spesifikasi, dan fungsinya:

4) Cara Kerja

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



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 $\log [\text{ion H}^+]$ atau $14 - \log [\text{OH}^-]$ dalam larutan merupakan derajat keasaman atau kebasaan atau pH dari larutan tersebut.”

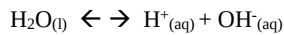
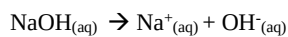
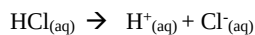
Dari data hasil eksperimen dalam Tabel 3 yang diperoleh berdasarkan percobaan dapat dianalisis sebagai berikut (ini contoh, subjek belajar diharapkan mengembangkan sendiri agar lebih merasakan penemuan konsepsi ilmiah oleh diri sendiri).

- 1) pH berkaitan dengan $[\text{ion H}^+]$. 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 perhitungan 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 $[\text{ion H}^+]$ atau $[\text{ion OH}^-]$ dari ionisasi air terabaikan dalam menentukan pH larutan asam kuat maupun basa kuat (ingat hasil $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]$ dalam air pada suhu 25°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 $[\text{ion H}^+]$, sedang $\text{pOH} = -\log [\text{ion OH}^-]$ dalam larutan. (2) Dalam air, larutan monovalen $\leq 0,10$ M elektrolit kuat mengandung $[\text{ion H}^+] = [\text{asam}]$ untuk HCl atau mengandung $[\text{ion OH}^-] = [\text{basa}]$ untuk NaOH. (3) Besar $[\text{ion H}^+] = [\text{ion OH}^-]$ untuk air murni, sedangkan $[\text{ion H}^+]$ larutan HCl secara praktis sama dengan $[\text{HCl}]$ dan $[\text{ion OH}^-]$ larutan NaOH secara praktis sama dengan $[\text{NaOH}]$. (4) Besar $[\text{H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$ larutan dalam air dengan kehadiran asam atau basa mengikuti pergeseran kesetimbangan ionisasi diri air dengan harga K_w sebesar 10^{-14} pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer, sehingga skala pH merentang dari 1 – 14 yakni dari sangat asam ($\text{pH}=1$) menuju netral ($\text{pH}=7$) dan kemudian menuju sangat basa ($\text{pH}=14$).

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°C dan tekanan 1 atmosfer, larutan HCl yang terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[\text{ion H}^+]$ yang sama dengan $[\text{HCl}]$ dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[\text{ion OH}^-]$ sama dengan $[\text{NaOH}]$ 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 $14 - (-\log [\text{NaOH}])$ 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°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 ⁻]			

Commented [B4]: Untuk deduktif, ini diisi sekarang pada fase pembuatan rancangan pembuktian hipotesis

Commented [B5]: Untuk deduktif, ini diisi sekarang pada fase pembuatan rancangan pembuktian hipotesis.

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 berkesinambungan 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 CO_2 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)	$-\log[\text{H}^+]$ atau $14 - \log[\text{OH}^-]$	
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 $-\log[\text{H}^+] = -\log[\text{HCl}]$ untuk larutan HCl dan $14 - (-\log[\text{NaOH}])$ 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	
	Aguades	10^{-6} M	10^{-6} M ion H ⁺	6	6	
		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	

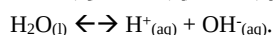
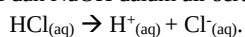
Commented [B6]: Video proses pembuatan larutan 0,100 M HCl dan 0,100 M NaOH dengan standarisasinya dan pengenceran (VB), serta pembacaan pengukuran pH larutan masing-masing (VT).

Interpretasi hasil pengolahan data dalam tabel di atas adalah variasi $[\text{ion H}^+] = [\text{HCl}]$, air murni, dan variasi $[\text{ion OH}^-] = [\text{NaOH}]$ 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 $[\text{ion H}^+] \times [\text{OH}^-]$ atau K_w sebesar 10^{-14} pada suhu 25°C tekanan 1 atmosfer. Kehadiran $[\text{ion H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$ 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 $[\text{ion H}^+]$ atau $[\text{OH}^-]$ dari 10^{-1} hingga 10^{-7} molar ternyata menghasilkan pengetahuan sistematis berupa skala pH ($= -\log [\text{H}^+]$) dari 1-14 yang dan 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 $[\text{H}^+]$ yang sama dengan $[\text{HCl}]$ yang dilarutkan. Demikian juga larutan NaOH dalam air merupakan elektrolit kuat dengan konsentrasi $\leq 10^{-1}$ M terionisasi sempurna menghasilkan $[\text{OH}^-] = [\text{NaOH}]$ yang dilarutkan. Reaksi ionisasi larutan HCl dan NaOH dalam air serta ionisasi diri air sebagai berikut.



Dengan mempertimbangkan 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 ($-\log [\text{H}^+]$) atau perhitung pOH ($-\log [\text{OH}^-]$) cukup hanya memperhitungkan $[\text{H}^+]$ dari asam atau $[\text{OH}^-]$ 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 $[\text{H}^+] = [\text{HCl}]$ yang dilarutkan atau memiliki pH secara berurutan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Air murni memiliki $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ atau memiliki pH = 7 pada suhu 25°C . Larutan NaOH dengan molaritas 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , dan 10^{-1} M secara

berurutan memiliki $[\text{OH}^-] = [\text{NaOH}]$ 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 $[\text{ion H}^+]$ yang sama dengan $[\text{HCl}]$ dan juga NaOH terionisasi sempurna dalam air menghasilkan $[\text{ion OH}^-]$ sama dengan $[\text{NaOH}]$ 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!

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

CLOSING

Investigative microlearning unit with limited micro content, namely scientific knowledge/conceptions of causes, equipped with synergistic worksheet and learning text and relevant assignments. The worksheet begins with background paragraph/s of the discovering the target scientific conception. Video clips supporting experiments as far as possible include video clips supporting investigative background phenomena, video clips of data collection, and animated video clips of supporting cause-and-effect relationships, mainly molecular animations (sub-microscopic level) revealing the causal relationship. An investigative microlearning is at least a small self-contained learning resource involving comprehensive competencies (cognitive, scientific skills, and scientific attitudes).

Investigative microlearning-based learning with such completeness is expected to increase feasibility and self-efficacy in learning with a scientific approach which is needed to grow, improve and maintain scientific skills in a scientifically literate society as a mandate for global science education. The potential for educational success is contributed by the availability of relevant, synergistic, consistent and effective learning resources. Further success lies in learning is the commitment and hard work of the educators who provide learning assistance.

References

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. Baker, G.L. & Goldberg, I. (1970). The individualized learning system. *Educational Leadership*, pp. 775-780.
4. Borg, W. R. & Gall, M. D. (1989). *Educational Research. Fifth Edition*. New York: Longman.
5. Butcher, C. Davis, C & Highton, M. 2006. *Designing Learning – From module outline to effective teaching*, London: Routledge Taylor & Francis Group.
6. 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>
7. Cuzzolino, Grotzer, Haris, & Weissbound, (2019). Scientific learning
8. 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.
9. Fletcher, J.D. (1992). Individualized system of instruction. Virginia: Institut for Defense Analyses.
10. FMIPA Undiksha. (2017). *Pedoman studi program sarjanan dan diploma*. Singaraja: FMIPA Undiksha.
11. Kolb D. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
12. Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 69, 34–37.

13. Mazrekaj, D & De Witte, K. (2020). The effect of modular education on school dropout. British Educational Research Association. 46(1): 92-101.
14. Mendikbud R.I. (2014). Lampiran Permendikbud nomor 58 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiah
15. National Academy of Science. (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC : National Academy Press.
16. NQS (The National Quality Standard). (2011). Inquiry-based learning. *NQS PLP e-Newsletter No.45 2012*.
17. Ntelok, I. F., Sudria, I.B.N. & Suja, I.W. (2018). Pengembangan perangkat Pembelajaran saintifik dengan model pembelajaran problem solving melalui penalaran deduktif pada topik laju reaksi. *Jurnal Pendidikan Undiksha*, 2(1): 28-39.
18. 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>.
19. OECD. (2016). PISA 2015 Results – Excellence and Equity in Education. Volume 1. Retrieved March 5, 2017 from <http://www.pisa.oecd.org>.
20. 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.
21. 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.
22. Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1990). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.
23. 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.
24. 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>
25. Sudria, I. B. N. (2013). Pengembangan Perangkat Pembelajaran dengan Pendekatan berpiri Induktif dan Deduktif. *Laporan Hasil Penelitian* (tidak diterbitkan).
26. 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.
27. 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
28. 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 penelitian*. Singaraja: Universitas Pendidikan ganesha.
29. Sudria, I. B.N., Redhana, I W. & Putra, P. S. E. A. (2021). Pengembangan Modul Kuliah Kimia dasar dengan Pendekatan Saintifik. *Laporan penelitian*. Universitas Pendidikan Ganesha.
30. 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

31. 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.
32. Tan, M.M.L. (2001). Conscious Investigation and Scientific-Oriented Learning (LOL) in Language Teaching. CAUCE. Núm. 24. MUI LENG TAN, Melinda (UK/Thailand. p.225-238. Retrived May 5, 2016 from http://cvc.cervantes.es/literatura/cauce/pdf/cauce24/cauce24_14.pdf.
33. 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>
34. 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
35. 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>
36. Tim Pengembang Kurikulum Undiksha. 2016. Panduan pengembangan kurikulum Undiksha. Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha
37. Wieman, C., & Gilbert, S. (2015). Taking a Scientific Approach to Science Education, Part I–Research. *Microbe*. 10(4), 152-156.
38. 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.
39. Friesen, N. (2006). Hug, T., Linder, M. & Bruck, P.A (editors). Microlearning and (Micro)Didaktik (On Microlearning). *Proceedings of Microlearning conference*, 41-61.
40. 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.
41. Gerbaudo, R. Gaspar, R. & Lins, R.G. (2021). Novel online video model for learning information technology based on micro learning and multimedia micro content. *Educational and Information Technologies*. DOI: 10.1007/s10639-021-10537-9
42. Hofstein, A. & Lunnetta, V.N. (1982). The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*. 52 (2): 201-217.
43. Hofstein, A. & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8 (2), 105-107.
44. Markic, S. (2020). Review on Mamlok-Naaman, R. Eilks, I. Bogner.G. & Hofstein, A. (2018): Profesional development of chemistry teacher – theory and practice. *Royal Society of Chemistry. CPPS Journal*, 10 (1): 215-2018.
45. Gamage, K.A.A. Wijesuriya, D. Ekanayake, S.Y. Rennie, A.E.W. Lambert, C.G. & Gunawardhana. (2020). Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic. *Education Sciences*, 10 (291): 1-9
46. Schalatter, E. Molenaar, I. & Lazonder. (2021). Learning scientific reasoning: A latent transition analysis. *Learning and Individual Differences* 92 (2021) 102043. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2021.102043>.
47. Wei, B. & Chen, Y. (2020). The meaning of ‘experiment’ in the intended chemistry curriculum in China: the changes over the period from 1952 to 2018. *International Journal of Science Education*, 42 (4): 656–674.

Attacment: Examples of Inductive and Deductive Hyperdocs of pH Scale

The pH scale – inductive investigative microlearning

OBJECTIVES:

1. Inductively constructs scientific conception of the pH scale
2. Share inductive way to individual communities in constructing the scientific conception of the pH scale following the 5-stages: observing, questioning, data collecting, associating, and communicating.

Deductive investigative microlearning for pH scale is also given at
https://drive.google.com/file/d/1w60KNNal_oM2AvRd27cgtNlZrailHODC/view?usp=drive_link

ENGAGE	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 $25^{\circ}C$ hasil kali $[ion\ H^+]$ dan $[OH^-]$ 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.		
			
EXPLORE	Needs to investigate (work on investigative worksheet)	Observes background phenomenon	 <i>Teks microlearning induktif kapasitas kalorimeter</i>
		Define an investigative question	
		Design experiment for data collecting	
		Data associating	
		Compare your works with the learning text	
EXPLAIN	Discussion of the data analysis result		
APPLY	Problem exercises of concept understanding		
SHARE	Students investigative activities & finding (PPT or poster: an example)		
REFLECT	Post-test, then reflection based on the learner's performances (scores) on the filled worksheet and the post-test answers		
EXTEND	Related deductive micro learning of the pH scale		

Created by Ida Bagus Nyoman Sudria, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, 2023
 Template adapted from @TsGiveTs