

## PENGEMBANGAN INSTRUMEN PRE-LAB BERBASIS KECAKAPAN LABORATORIUM DASAR

Eka Junaidi<sup>1</sup>, Yunita Arian Sani Anwar<sup>1\*</sup>, Muti'ah Muti'ah<sup>2</sup>, Burhanuddin Burhanuddin<sup>3</sup>  
Syarifah Wahidah Al Idrus<sup>4</sup>, Siti Rumaisah Ramadhani<sup>5</sup>

<sup>1 2 3</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Mataram. Jalan Majapahit No. 62  
Mataram, NTB 83112, Indonesia.

\*Coressponding Author. E-mail: [yunita@unram.ac.id](mailto:yunita@unram.ac.id)

Received: 6 Mei 2024 Accepted: 26 Mei 2024 Published: 31 Mei 2024  
doi: 10.29303/cep.v7i1.6821

### Abstrak

Kegiatan pre-lab belum menjadi perhatian yang serius terutama dalam pengembangan instrumennya. Hingga kini kegiatan pre-lab hanya memberikan tes yang bersumber pada prosedur kerja atau konsep yang tergambar pada petunjuk praktikum. Instrumen yang dapat mengukur aspek kecakapan laboratorium dasar hingga kini belum banyak dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrument pre-laboratory berbasis kecakapan laboratorium dasar. Sebanyak lima kategori keterampilan dasar yaitu keterampilan procedural, keterampilan manipulative, keterampilan observasi, keterampilan interpretasi, dan keterampilan mengambangkan kesimpulan. Sebanyak 20 butir soal dikembangkan dan dinyatakan layak oleh kesepakatan ahli. Ujicoba pada 45 responden menunjukkan bahwa sebanyak 15 soal memiliki kategori valid ( $p < 0,05$ ) dan reliabilitas dengan kategori baik.

**Kata Kunci:** pre-laboratory, kecakapan laboratorium, pendidikan kimia

### *Development of Pre-Lab Instrument Based on Basic Laboratory Skills*

#### Abstract

*Pre-lab activities have not been a serious concern, especially in the development of instruments. Until now, pre-lab activities have only provided tests based on work procedures or concepts described in the practicum instructions. Instruments capable of measuring various aspects of basic laboratory skills have not been widely developed. This study aims to develop a pre-laboratory instrument based on basic laboratory skills. Five categories of basic skills were identified: procedural, manipulative, observation, interpretation, and conclusion skills. A total of 20 items, representing various aspects of the identified skills, were developed and deemed feasible through expert agreement. Testing the instrument on 45 respondents revealed that 15 questions met the criteria for validity ( $p < 0.05$ ) and demonstrated good reliability.*

**Keywords:** pre-laboratory, basic laboratory skills, chemistry education

---

## PENDAHULUAN

Kegiatan praktikum menjadi inti dari pembelajaran sains tidak terkecuali pembelajaran kimia. Tidak mengherankan jika perbaikan kualitas praktikum selalu dilakukan dalam penyusunan kurikulum kimia. Tahapan praktikum yang ideal, jenis pembelajaran laboratorium, tujuan pelaksanaan praktikum hingga Teknik evaluasi masih menjadi fokus perbaikan kualitas aktivitas laboratorium sebagai

bagian dari pembelajaran kimia (Altowaiji *et al.*, 2021; Alvaro *et al.*, 2021).

Pelaksanaan praktikum yang baik diketahui memiliki beberapa persyaratan di antaranya integratif, efisien, praktis, dan mampu melatih keterampilan mahasiswa (Reid & Shah, 2007; Limoto & Frederick, 2011; Tsaparlis & Gorezi, 2007). Integratif menunjukkan keterpaduan antara penyampaian teori di kelas dengan pelaksanaan kerja laboratorium; efisien dan praktis menunjukkan keterlaksanaan

praktikum yang hemat dan mudah; keterampilan yang dilatih mencakup *practical skills*, *transferable skills*, dan *intellectual stimulation* (Reid & Shah, 2007; Limoto & Frederick, 2011; Tsaparlis & Gorezi, 2007; Talanquer, 2011; Carnduff & Reid, 2003).

Fakta di lapangan menunjukkan beberapa permasalahan yang dihadapi pada pelaksanaan praktikum di perguruan tinggi. Integrasi praktikum yang belum tercapai merupakan salah satu masalah yang sering dihadapi pada pelaksanaan kerja laboratorium di perguruan tinggi (Ketpichainarong, 2010; Limoto dan Frederick, 2011). Selain itu, penggunaan metode ekspositori yang hanya mengulang instruksi yang ada pada petunjuk praktikum menyebabkan kemampuan analisis mahasiswa tidak terlatih dengan baik (Sigler & Saam, 2007; Monteyne & Cracolice, 2004).

Praktikum terpadu di perguruan tinggi terdiri atas 3 tahap pelaksanaan yaitu tahap pre-lab, tahap eksperimen, dan tahap akhir (Reid & Shah, 2007). Penelitian Ginger *et al.* (2012) dan Dalton *et al.* (2003) menunjukkan tiga tahap penting dalam pelaksanaan kerja laboratorium di perguruan tinggi yaitu *pre-laboratory*, *laboratory work*, dan *post-laboratory*. Tahap *pre-laboratory* menunjukkan penyampaian teori dan perencanaan kerja laboratorium. Pada tahap ini mahasiswa lebih banyak diberi kesempatan untuk menyusun rencana penyelidikan. Tahap *laboratory work* adalah tahap pelaksanaan kerja laboratorium sesuai rencana yang telah disusun pada tahap *pra-laboratory*. Tahap *post-laboratory* adalah tahap pembahasan hasil kerja laboratorium dan pemberian feedback oleh dosen (Ginger *et al.*, 2012; Dalton *et al.*, 2003; Limoto & Frederick, 2011).

Tahap *pre-laboratory* hingga kini belum menjadi perhatian penting dalam kegiatan laboratorium. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa kegiatan pre-lab masih terbatas pada pemberian soal-soal yang disusun dari prosedur praktikum yang akan dilakukan (Anwar &

Hingga kini instrumen untuk mengukur keterampilan dasar laboratorium melalui tes belum banyak tersedia di laboratorium. Biasanya tes yang diberikan di awal praktikum berisi kemampuan mahasiswa mengingat prosedur praktikum hari ini. Hal ini tentu saja tidak efektif dalam mengingat Teknik laboratorium untuk bekal mereka melakukan penyelidikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan

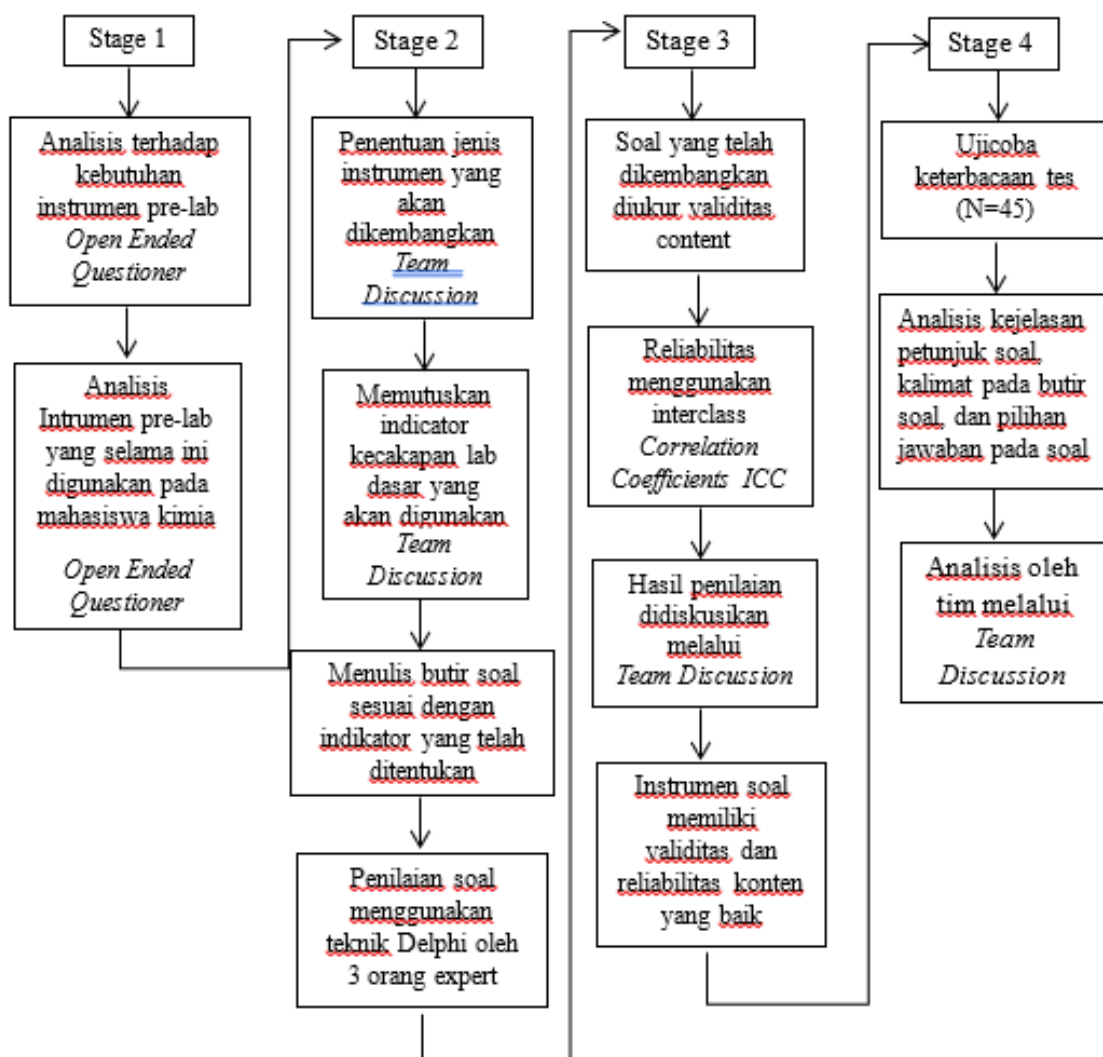
Muti'ah, 2023). Pre-lab yang bermakna dalam meningkatkan keterampilan penyelidikan belum banyak dilakukan dengan alasan keterbatasan waktu dan belum tersedianya instrumen untuk mengukur hal tersebut. Padahal kegiatan pre-lab menentukan keberhasilan proses penyelidikan yang bermuara pada pembuktian teori sehingga meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa (Almroth, 2015; Kelly & Finlayson, 2007; Shallcross *et al.*, 2013).

Kegiatan pre-lab umumnya dapat dilakukan dengan tiga acara yaitu diskusi (*pre-laboratory discussion*), kuis (*pre-laboratory quizzes*) atau pemberian materi (*pre-laboratory lecture*). Kuis dalam kegiatan pre-lab menjadi pilihan yang paling banyak dilakukan baik secara online maupun offline. Soal yang digunakan saat tes lebih banyak berisi konsep yang melatarbelakangi eksperimen yang akan dilakukan (Agustian & Seery, 2017). Namun, pelaksanaan pre-lab sering memberikan kondisi minimnya informasi yang dapat diserap oleh mahasiswa. Kondisi ini disebut *cognitive load theory* (CLT) yang dapat mempengaruhi pencapaian hasil belajar termasuk penguasaan keterampilan praktik (Rathnayaka *et al.*, 2024).

Keterampilan praktik umumnya dibagi menjadi 5 yaitu keterampilan procedural, keterampilan manipulatif, keterampilan observasi, keterampilan interpretasi, dan keterampilan mengembangkan kesimpulan (Kumar, 2010). Namun, jika merujuk pada aktivitas laboratorium mulai dari kegiatan pre-lab, lab-work dan post-lab keterampilan praktik dapat dibagi menjadi 11 subskill. Keterampilan tersebut di antaranya interpretasi masalah, observasi, menyusun hipotesis, mengembangkan desain penyelidikan, implementasi desain penyelidikan, penggunaan alat-alat laboratorium, mengumpulkan data, menganalisis data, mengembangkan kesimpulan (Orosz *et al.*, 2023). Subskill tersebut menunjukkan masih merujuk pada lima keterampilan dasar utama yang diungkapkan oleh peneliti sebelumnya. tes berbasis kecakapan laboratorium dasar yang dapat digunakan pada kegiatan pre-lab praktikum kimia.

## **METODE**

Pengembangan instrumen tes pada kegiatan *pre-laboratory* untuk mahasiswa kimia terdiri atas 4 tahap (Gambar 1).



Gambar 1. Prosedur Pengembangan Instrumen berpikir Kritis

Tahap pertama adalah analisis terhadap instrument keterbutuhan instrument pre-lab dengan memberi kuesioner kepada dosen, mahasiswa dan asisten praktikum. Analisis juga melibatkan instrument pre-lab yang biasa digunakan. Tahap kedua adalah tahap mendiskusikan data yang diperoleh pada tahap pertama dan pengambilan keputusan tentang indikator kecakapan laboratorium dasar yang akan diukur untuk mahasiswa kimia. Indikator yang ditetapkan kemudian digunakan untuk menyusun soal pre-lab berbasis kecakapan laboratorium dasar. Soal yang telah disusun didiskusikan dengan tim kecil agar siap dinilai oleh validator. Instrument yang telah dinilai oleh tim selanjutnya dinilai oleh 5 orang expert di bidang pendidikan kimia (Ginnarou & Zervas, 2014; Hackett *et al.*, 2006). Tahap ketiga adalah penilaian instrumen oleh expert terkait dengan beberapa aspek terhadap soal yang telah dikembangkan. Tahap ini akan menilai masing-

masing soal pada setiap indikator sehingga diperoleh butir soal yang valid. Selanjutnya masing-masing butir soal dihitung nilai reliabilitas menggunakan *Interclass Correlation Coefficients (ICC)* karena rater lebih dari dua orang. Tahap keempat adalah ujicoba tes pada mahasiswa dengan tiga kelompok yang keseluruhan berjumlah 45 mahasiswa. Ujicoba bertujuan untuk menganalisis kejelasan petunjuk soal, isi soal, dan pilihan jawaban pada soal. Hasil ujicoba didiskusikan kembali melalui diskusi tim. Instrumen dilakukan revisi sesuai dengan hasil ujicoba. Skor pada masing-masing kelompok diukur perbedaannya dengan menggunakan Mann-Whitney test. Semua partisipan pada penelitian ini diinformasikan sebagai responden untuk pengembangan instrumen berpikir kritis yang tidak mempengaruhi nilai akademik mereka.

### Teknik Analisis Data

Pendapat ahli dan praktisi ditabulasi dan dihitung median, *interquartile*, dan rata-rata. Hasil perhitungan diinterpolasikan pada tabel kategori hasil penilaian (Tabel 1). Terdapat tiga kategori yang dapat digunakan untuk menentukan bahwa instrumen memenuhi syarat untuk ujicoba yaitu persentase penilaian yang menyatakan sangat setuju dan setuju yang dapat ditunjukkan dengan rata-rata nilai yang diberikan; nilai *interquartile range* yang lebih kecil atau sama dengan 1 dan nilai standar deviasi di bawah 1,5 (Ginnarou & Zervas, 2014; Hackett *et al.*, 2006).

**Tabel 1.** Kategori Hasil Penilaian Validator (Modifikasi Hackett *et al.*, 2006)

No	Indikator	Kategori
1.	≥ 80% skor 4-5 Interquartile ≤ 1 Median 4-5	Sangat baik
2.	65% - 79% skor 4-5 Interquartile ≤ 2 Median 4-5	Baik
3.	50% - 64% skor 4-5 Interquartile ≤ 2 Median 4-5	Cukup
4.	< 50% skor 4-5 Interquartile > 2 Median < 4	Kurang

Validitas isi instrumen dihitung menggunakan indeks Aiken masing-masing butir pernyataan dengan rumus (Aiken, 1985):

$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$

dengan V adalah indeks kesepakatan validator; s adalah skor yang ditetapkan setiap validator dikurang skor terendah dalam kategori yang pakai; n adalah banyaknya validator; dan c adalah banyaknya kategori yang dapat dipilih validator. Dari hasil perhitungan indeks V, suatu butir atau perangkat dapat dikategorikan berdasarkan indeksnya. Jika indeks kurang dari 0,4 dikatakan validitasnya kurang; 0,4-0,8 dikatakan validitasnya sedang; dan jika lebih besar dari 0,8 dikatakan validitasnya tinggi (Retnawati, 2016). Validitas konstruk diukur menggunakan *Spearman Correlation*. Reliabilitas menggunakan rumus *Cronbach alpha*. Perhitungan validitas, reliabilitas, dan perbedaan skor pada masing-masing kelompok responden menggunakan bantuan SPSS 21 (Gazali, 2013).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa instrumen kegiatan laboratorium saat ini masih sangat terbatas terutama untuk kegiatan pre-laboratory. Informasi yang dikumpulkan terkait dengan instrumen kegiatan laboratorium ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Rangkuman analisis instrument aktivitas laboratorium

No	Aktivitas Laboratorium	Hasil Analisis
1	Pre-laboratory	a. Pembuat soal pre-laboratory didominasi oleh asisten praktikum b. Soal pre-laboratory bersumber pada manual guide pada praktikum di masing-masing mata kuliah c. Beberapa mata kuliah tidak melaksanakan pre-laboratory d. Tidak diarsipkan di laboratorium e. Belum terdapat instrumen yang baku dan berbasis kecakapan laboratorium
2	Laboratory Work	a. Instrumen keterampilan laboratorium telah dimiliki oleh beberapa mata kuliah b. Pelaksanaan penilaian dilakukan oleh asisten praktikum dengan beban dua kelompok untuk penilaian satu orang asisten c. Instrumen telah diarsipkan di laboratorium
3	Post-Laboratory	a. Instrumen penilaian laporan praktikum telah dikembangkan dan digunakan b. Penilaian laporan praktikum dilakukan oleh asisten praktikum c. Instrumen telah diarsipkan di laboratorium

Hasil analisis menunjukkan bahwa instrumen pre-laboratory yang terstandar dan dapat digunakan oleh semua Angkatan mahasiswa belum dikembangkan. Selain itu, instrumen yang dikembangkan perlu berbasis kecakapan dasar laboratorium sehingga dapat menjadi keterampilan awal untuk pelaksanaan penyelidikan.

Kecakapan dasar laboratorium yang disepakati menggunakan lima aspek yaitu keterampilan procedural, keterampilan manipulative, keterampilan observasi, keterampilan interpretasi, dan keterampilan

mengembangkan kesimpulan (Kumar, 2010). Masing-masing aspek dikembangkan menjadi 2-3 indikator dengan pengembangan soal secara keseluruhan sebanyak 20 soal seperti yang tercantum pada tabel 3.

**Tabel 3.** Pengembangan Instrumen Pre-Laboratory

No	Kategori	Indikator	Jumlah Soal
1	Keterampilan Prosedural	a. Menentukan alat praktikum dengan tepat	2
		b. Menentukan kuantitas bahan praktikum dengan tepat	2
		c. Menentukan prosedur pelaksanaan praktikum	2
2	Keterampilan Manipulatif	a. Memodifikasi prosedur pelaksanaan praktikum	2
		b. Menyusun prosedur analisis data	2
3	Keterampilan observasi	a. Menentukan perubahan reaksi yang diperoleh dari hasil penyelidikan	2
		b. Menentukan jumlah hasil pengukuran pada saat penyelidikan	2
4	Keterampilan interpretasi	a. Menginterpretasikan data penyelidikan sesuai dengan teori	3
5	Keterampilan mengembangkan kesimpulan	a. Keterampilan mengembangkan kesimpulan sesuai dengan tujuan penyelidikan	3

Hasil penilaian ahli menunjukkan indicator penilaian yang memenuhi persyaratan sebagai instrument yang layak digunakan. Nilai skor rata-rata, interquartile dan median menunjukkan kategori penilaian instrument oleh ahli pada kategori baik sesuai dengan indicator penilaian yang diberikan (Tabel 4).

**Tabel 4.** Hasil Penilaian Ahli

No	Aspek yang Dinilai	Rata-rata	SD	Q
1.	Kesesuaian pertanyaan dengan indikator kecakapan	4,2	0,548	1

No	Indikator	Rata-rata	SD	Q
2.	Kesesuaian pertanyaan dengan konten kimia laboratorium	3,8	0,447	0,5
3.	Kebenaran konsep kimia dalam tiap butir soal	4	0,548	1
4.	Kesesuaian konten di setiap paragraf dengan pertanyaan	4,2	0,548	0,5
5.	Informasi yang disajikan memiliki kebaharuan	3,8	0,447	0,5
6.	Petunjuk mengerjakan soal diuraikan secara jelas	4	0,447	1
7.	Kalimat yang digunakan bersifat komunikatif	3,8	0,447	0,5
8.	Kalimat yang digunakan bersifat efektif	4,2	0,447	1
9.	Ketepatan penggunaan bahasa sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia	4,2	0,548	1
10.	Kalimat yang digunakan mudah dipahami	3,8	0,447	0,5
11.	Rubrik penilaian memudahkan dalam memberikan penilaian	4,6	0,548	1
12.	Rubrik penilaian dapat memudahkan penilai menganalisis masing-masing indikator berpikir kritis responden	4,6	0,548	1

Saran yang diberikan oleh expert digunakan sebagai dasar perbaikan butir soal untuk dilakukan penilaian kesepakan ahli. Hasil validasi konten menunjukkan nilai V Aiken berkisar antara 0,83-0,92 dengan kategori setiap butir soal memiliki validitas yang baik. Nilai ICC sebesar 0,746 yang menunjukkan bahwa soal memiliki reliabilitas soal yang baik.

Hasil ujicoba pada responden terkait keterbacaan menunjukkan bahwa sebanyak 89% mahasiswa memahami petunjuk pengerjaan soal. Kalimat setiap butir soal dan pilihan jawaban menurut 93% mahasiswa jelas dan mudah mereka pahami. Sebanyak 100% mahasiswa menyatakan soal yang disusun relevan dengan kecakapan laboratorium yang dibutuhkan untuk kegiatan praktikum.

Ujicoba reliabilitas dan validitas soal terhadap 45 responden menunjukkan bahwa instrumen pre-laboratory yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat ukur yang baik. Nilai Cronbach's  $\alpha$  menunjukkan nilai sebesar 0,82 yang berarti bahwa soal yang dikembangkan merupakan alat ukur yang reliabel. Hasil validitas konstruk menunjukkan bahwa sebanyak 15 soal memiliki  $r$  dengan kriteria valid ( $p < 0,05$ ).

Pelaksanaan pre-laboratory memiliki banyak manfaat terutama dalam memperkenalkan dan memantapkan teknik laboratorium yang dibutuhkan dalam kegiatan penyelidikan (Agustian & Seery, 2017; Gautam et al., 2016). Hal inilah yang menyebabkan instrument yang valid dibutuhkan dalam mengukur kegiatan pre-laboratory. Aspek yang perlu dimasukkan dalam kegiatan tidak hanya berisi konsep dan Teknik laboratorium namun perlu berupa informasi keselamatan sehingga mahasiswa dapat bertanggung jawab terhadap keselamatan mereka (Chaytor et al., 2017).

## SIMPULAN

Penelitian ini telah mengembangkan instrument untuk kegiatan pre-laboratory berupa soal tes yang dapat digunakan saat pelaksanaan praktikum. Sebanyak 20 butir soal dikembangkan menggunakan 5 kategori kecakapan laboratorium yaitu keterampilan prosedural, keterampilan manipulatif, keterampilan observasi, keterampilan interpretasi, dan keterampilan mengambangkan kesimpulan. Hasil ujicoba expert menunjukkan instrument layak diujicoba pada responden. Uji validitas konstruk menghasilkan sebanyak 15 soal valid dengan reliabilitas yang baik sehingga layak digunakan sebagai alat ukur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, H. Y., & Seery, M. K. (2017). Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 518-532.
- Almroth, B.C. (September 2015). The importance of laboratory exercise in biology teaching; case study in an ecotoxicology course. *Makalah* disajikan dalam Seminar Hogskolepedagogiska texter di Goteborgs Universitet. Retrieved from [www.pil.gu.se/publicerat/texter](http://www.pil.gu.se/publicerat/texter).
- Altowaiji, S., Haddadin, R., Campos, P., Sorn, S., Gonzalez, L., Villafan, S.M., & Groves, M.N. (2021). Measuring the effectiveness of online preparation videos and questions in the second semester general chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 22, 616-625.
- Alvaro C. E. S., Abad A. M. and Nudelman N. S. (2019). Towards a holistic approach to sustainability in the Argentine Patagonia Research results and educational proposal. *Int. J. Sustainable High Educ.*, 20(5), 951–963.
- Anwar, Y.A.S., & Muti'ah, M. (2023). The exploration of biochemistry laboratory activity: study on higher education. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(1), 38-49.
- Carnduff, J., & Reid, N. (2003). *Enhancing undergraduate chemistry laboratories, pre-laboratory and post-laboratory exercise, example and advice*. London: Education Departement, Royal Society of Chemistry.
- Chaytor, J. L., Al Mughalaq, M., & Butler H. (2017). Development and Use of Online Prelaboratory Activities in Organic Chemistry to Improve Students' Laboratory Experience. *Journal of Chemical Education*, 94, 859-866.
- Dalton, J.S., Stutts, D.S., & Montgomery, R.L. (Januari 2003). Mini-lab projects in the undergraduate classical controls course. *Makalah* disajikan dalam American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition di Amerika.
- Gautam, S., Qin, Z., Loh, K. C. (2016). Enhancing laboratory experience through e-lessons. *Education for Chemical Engineers*, 15, 19-22.
- Ginger, J., McGrath, R., Barrett, B., & McCreary. (2012). Mini labs: building capacity for innovation through a local community fab lab network. *Interaction*, 18(5), 86-87.
- Giannarou, L., & Zervas, E. (2014). Using delphi technique to build consensus in practice. *International Journal of Business Science and Applied Management*, 9(2), 65-82.
- Hackett, S., Masson, H., & Philips, S. (2006). Exploring consensus in practice with youth who are sexually abusive: findings from a delphi study of practitioner views in the United Kingdom and the Republic of Ireland. *Child Maltreatment*, 11(2), 146-156.
- Kelly, O.C., & Finlayson, O.E. (2007). Providing solutions through problem-based learning for the undergraduate 1<sup>st</sup> year chemistry

- laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 347-361.
- Ketpichainarong, W., Panijpan, B., & Ruenwangsa, P. (2010). Enhanced learning of biotechnology students by an inquiry-based cellulase laboratory. *International Journal Environmental & Science Education*, 5(2), 169-187. Retrieved from <http://www.ijese.net/arama?all=&author=Ketpichainarong>.
- Kumar, A. (2010). *Assessment of practical skill in science*. New Delhi: Central Board of Secondary Education.
- Limoto, D.S., & Frederick, K.A. (2011). Incorporating student-designed research projects in the chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education*, 88, 1069-1073. doi: 10.1021/ed1011103.
- Monteyne, K., & Cracolice, M.S. (2004). What's wrong with cookbooks? a reply to Ault. *Journal of Chemical Education*, 81(11), 1559-1560.
- Orosz, G., Ne' meth, V., Kovacs, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2023). Guided inquiry-based learning in secondary school chemistry classes: a case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 24, 50-70.
- Rathnayakaa, C.M., Ganapathic, J., Kickbuschd, S., Daweseand, L., & R. Brown, R. (2024). Preparative pre-laboratory online resources for effectively managing cognitive load of engineering students. *European Journal of Engineering Education*, 49(1), 113-138.
- Reid N. and Shah I., (2007), The role of laboratory work in university chemistry, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8(2), 172-185.
- Shallcross, D.E., Harrison, T.G., Shaw, A.J., Shallcross, K.L., Croker, S.J., & Norman, N.C. (2013). Lessons in effective practical chemistry at tertiary level: case studies from a chemistry outreach program. *Higher Education Studies*, 3(5), 1-10.
- Sigler, E.A., & Saam, J. (2007). Constructivist or expository instructional approaches: does instruction have an effect on the accuracy of judgment of learning (JOL)? *Journal The Scholarship of Teaching and Learning*, 7(2), 22-31
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Tsaparlis, G., & Gorezi, M. (2007). Addition of a project-based component to a conventional expository physical chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 84(4), 668-670. doi: 10.1021/ed084p668.