

**PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBASIS
GREEN CHEMISTRY TERHADAP MOTIVASI DAN BERPIKIR KRITIS PADA
MATERI KOLOID**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagai persyaratan

Mencapai derajat sarjana S-1



Disusun Oleh:

Rizca Daimatul Mahmudah

21104060032

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2024

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-3350/Un.02/DT/PP.00.9/12/2024

Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Model Problem Based Learning Berbasis Green Chemistry terhadap Motivasi dan Berpikir Kritis pada Materi Koloid

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : RIZCA DAIMATUL MAHMUDAH
Nomor Induk Mahasiswa : 21104060032
Telah diujikan pada : Rabu, 11 Desember 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Muhammad Zamhari, S.Pd.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 675ba7e526a81



Penguji I

Retno Aliyatul Fikroh, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 675a7ea138cb9



Penguji II

Jamil Suprihatiningrum, S.Pd.Si., M.Pd.Si.,
Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 675cbf6ae3777



Yogyakarta, 11 Desember 2024
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 675c5868dbf1f

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizca Daimatul Mahmudah
NIM : 21104060032
Program Studi : Pendidikan Kimia
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbasis *Green Chemistry* terhadap Motivasi dan Berpikir Kritis pada Materi Koloid untuk Kelas XI SMA/MA” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dinalis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 17 Desember 2024



Rizca Daimatul Mahmudah
NIM. 21104060032

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



UIN Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

NOTA DINAS PEMBIMBING

Hal : Skripsi Rizca Daimatul Mahmudah
Kepada :
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Rizca Daimatul Mahmudah

NIM : 21104060032

Judul skripsi : Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbasis *Green Chemistry* terhadap Motivasi dan Berpikir Kritis pada Materi Koloid untuk Kelas XI SMA/MA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Demikian yang dapat kami sampaikan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 17 Desember 2024
Pembimbing,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Muhammad Zamhari, S.Pd.Si., M.Sc.
NIP. 19860702 201101 1 014

NOTA DINAS KONSULTAN I



UIN Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

NOTA DINAS KONSULTAN I

Hal : Skripsi Rizca Daimatul Mahmudah
Kepada :
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Rizca Daimatul Mahmudah
NIM : 21104060032
Judul skripsi : Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbasis *Green Chemistry* terhadap Motivasi dan Berpikir Kritis pada Materi Koloid untuk Kelas XI SMA/MA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Demikian yang dapat kami sampaikan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 17 Desember 2024
Konsultan I,

Retno Aliyatul Fikroh, M.Sc.
NIP. 19920427 201903 2 018

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

NOTA DINAS KONSULTAN II



UIN Sunan Kalijaga



FM-UTNSK-BM-05-04/R0

NOTA DINAS KONSULTAN II

Hal : Skripsi Rizca Daimatul Mahmudah
Kepada :
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Rizca Daimatul Mahmudah
NIM : 21104060032
Judul skripsi : Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbasis *Green Chemistry* terhadap Motivasi dan Berpikir Kritis pada Materi Koloid untuk Kelas XI SMA/MA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Demikian yang dapat kami sampaikan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 17 Desember 2024
Konsultan II,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
Jamil Suprihatiningrum, S.Pd.Si., M.Pd.Si., Ph.D.
NIP. 19840205 201101 2 008

ABSTRAK

Motivasi dan kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam mempelajari materi koloid masih tergolong rendah, terutama karena metode pembelajaran yang kurang menarik dan tidak melibatkan peserta didik secara aktif. Salah satu upaya untuk meningkatkan aspek tersebut adalah dengan menerapkan model pembelajaran yang melibatkan peserta didik dalam memecahkan masalah nyata terkait materi koloid dan prinsip-prinsip *Green Chemistry*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *problem based learning* berbasis *green chemistry* terhadap motivasi dan berpikir kritis pada materi koloid. Penelitian ini menggunakan metode *quasi eksperimen* dengan desain *nonequivalent control grup pre-test post-test*. Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas XI MIPA dengan teknik *cluster random sampling* untuk menentukan sampel. Sampel penelitian terdiri dari 27 peserta didik kelas XI MIPA 1 sebagai kelas eksperimen yang menerapkan model PBL berbasis *Green Chemistry* dan 33 peserta didik kelas XI MIPA 2 sebagai kelas kontrol yang menerapkan model pembelajaran *direct instruction*. Instrumen penelitian meliputi angket motivasi belajar dan soal kemampuan berpikir kritis *three tier multiple choice*. Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif, uji Wilcoxon, Mann-Whitney U, dan Uji N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model PBL berbasis *Green Chemistry* secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dibandingkan dengan kelas kontrol, dengan *N-Gain score* pada kategori sedang (40%). Namun, peningkatan motivasi belajar peserta didik dalam kelas eksperimen hanya mencapai kategori rendah (*N-Gain* 3%). Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa model PBL berbasis *Green Chemistry* efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis, tetapi kurang optimal dalam meningkatkan motivasi belajar.

Kata kunci: *Problem Based Learning*, *Green Chemistry*, Motivasi, Berpikir kritis, Koloid

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya”

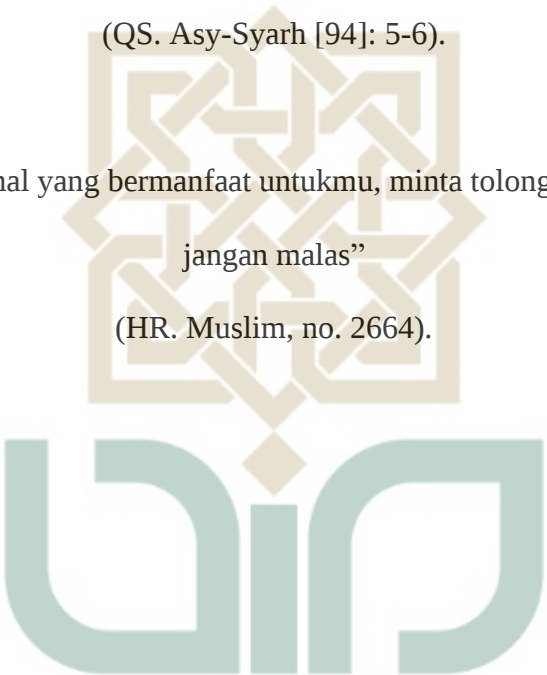
(QS. Al-Baqarah [2]: 286).

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”

(QS. Asy-Syarh [94]: 5-6).

“Semangatlah dalam hal yang bermanfaat untukmu, minta tolonglah kepada Allah, dan jangan malas”

(HR. Muslim, no. 2664).



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Atas rahmat Allah SWT, penulis persembahkan sebuah karya sederhana ini kepada:

Bapak Khaerul Muttakin dan Ibu Eny Yatul Aliyah

Selaku Bapak dan Ibu tercinta

Else Assyavira Syahidaa

Selaku adik tersayang

Keluarga besar Pendidikan Kimia 2021

Almamater saya, Program Studi Pendidikan Kimia

Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah rabbil 'alamiin. Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbasis *Green Chemistry* terhadap Motivasi dan Berpikir Kritis pada Materi Koloid” sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan dalam Program Studi Pendidikan Kimia. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, yang syafaatnya selalu diharapkan baik di dunia maupun di akhirat.

Dengan selesainya skripsi ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik dalam proses penelitian maupun dalam penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D, selaku rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta;
2. Bapak Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd., selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga;
3. Ibu Dr. Paed. Asih Widi Wisudawati, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga;
4. Bapak Muhammad Zamhari, S.Pd.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan memberikan arahan selama proses penulisan skripsi;
5. Bapak dan Ibu dosen pengampu mata kuliah yang telah memberikan ilmunya selama penulis mengikuti perkuliahan di Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta;
6. Ibu Siti Ulfa Mardhiyati, S.Pd., M.Pd., selaku guru pamong dan guru kimia di MAN 4 Bantul yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi;
7. Peserta didik kelas XI MIPA MAN 4 Bantul yang telah bersedia menjadi subjek penelitian;
8. Kedua orang tua penulis, yaitu Khaerul Muttakin dan Eny Yatul Aliyah, serta adik penulis, Else Assyavira Syahidaa, yang telah memberikan cinta, kasih sayang,

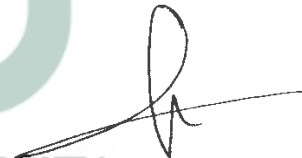
dukungan, motivasi, nasihat, dan doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta;

9. Seluruh teman-teman seangkatan di Program Studi Pendidikan Kimia tahun 2021 atas solidaritas, kebaikan, dan pengalaman berharga yang diberikan selama masa perkuliahan;
10. Semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara moral maupun materi, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan dan ketulusan hati semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi semua orang. Aamiin Ya Robbal 'Alamin.

Yogyakarta, 17 Desember 2024

Penulis



Rizca Daimatul Mahmudah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
NOTA DINAS KONSULTAN I.....	v
NOTA DINAS KONSULTAN II	vi
ABSTRAK	vii
HALAMAN MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN TEORI DAN PENGAJUAN HIPOTESIS.....	7
A. Deskripsi Teoritik.....	7
1. Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i>	7
2. <i>Green Chemistry</i>	11
3. Motivasi Belajar	15
4. Keterampilan Berpikir Kritis.....	18
5. Koloid.....	20
B. Penelitian yang Relevan.....	32
C. Kerangka Berpikir	34
D. Hipotesis Penelitian.....	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	38
A. Tempat dan Waktu Penelitian	38
B. Metode dan Desain Penelitian.....	38
C. Populasi dan Sampel	41
D. Definisi Operasional Variabel Penelitian	42

E. Teknik Pengumpulan Data	43
F. Instrumen Penelitian.....	44
G. Teknik Analisis Instrumen Penelitian	49
H. Teknik Analisis Data.....	52
I. Hipotesis Statistik.....	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	57
A. Hasil Penelitian	57
B. Pembahasan.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
A. Kesimpulan	66
B. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	73



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Langkah-langkah Pembelajaran Berbasis Masalah	9
Tabel 2. 2 Indikator Motivasi Belajar Ryan dan Deci	16
Tabel 2. 3 Indikator Berpikir Kritis Ennis	20
Tabel 2. 4 Perbandingan Sifat Larutan, Koloid, dan Suspensi	21
Tabel 2. 5 Jenis Koloid Berdasarkan Fasanya	23
Tabel 2. 6 Perbedaan Sifat Sol Hidrofil dan Sol Hidrofob	28
Tabel 3. 1 Desain Penelitian	38
Tabel 3. 2 Kegiatan Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	39
Tabel 3. 3 Keterkaitan <i>Green Chemistry</i> dengan Koloid pada Instrumen kemampuan berpikir kritis	40
Tabel 3. 4 Teknik Pengumpulan Data	43
Tabel 3. 5 Kisi-kisi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis	45
Tabel 3. 6 Kisi-kisi Angket Motivasi Belajar	47
Tabel 3. 7 Kisi-kisi Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran Menggunakan Model <i>Problem Based Learning</i> Berbasis <i>Green Chemistry</i>	48
Tabel 3. 8 Interpretasi Kriteria Reliabilitas Instrumen	50
Tabel 3. 9 Kriteria Daya Pembeda Soal	51
Tabel 3. 10 Kriteria Indeks Kesukaran Soal	52
Tabel 3. 11 Kategori Keterampilan Berpikir Kritis	53
Tabel 3. 12 Kriteria Skala Angket Motivasi Belajar	53
Tabel 3. 13 Kriteria N-Gain Score	56
Tabel 3. 14 Kategori Tafsiran Efektivitas N-Gain	56
Tabel 4. 1 Hasil Uji Analisis Deskriptif Kemampuan Berpikir Kritis	57
Tabel 4. 2 Hasil Uji Analisis Deskriptif Motivasi Belajar	57
Tabel 4. 3 Hasil Uji Normalitas Kemampuan Berpikir Kritis	58
Tabel 4. 4 Hasil Uji Normalitas Motivasi Belajar	59
Tabel 4. 5 Hasil Uji Homogenitas Kemampuan Berpikir Kritis	60
Tabel 4. 6 Hasil Uji Homogenitas Motivasi Belajar	60
Tabel 4. 7 Hasil Uji Wilcoxon Kemampuan Berpikir Kritis	60
Tabel 4. 8 Hasil Uji Wilcoxon Motivasi Belajar	61
Tabel 4. 9 Hasil Tes Mann-Whitney U Kemampuan Berpikir Kritis	61
Tabel 4. 10 Hasil Tes Mann-Whitney U Motivasi Belajar	61
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan N-Gain Berpikir Kritis	62
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan N-Gain Motivasi Belajar	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Percobaan Efek Tyndall.....	24
Gambar 2. 2 Pergerakan Partikel Secara Acak.....	25
Gambar 2. 3 Percobaan Elektroforesis	25
Gambar 2. 4 Senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_3$ Mengadsorpsi Ion H^+	26
Gambar 2. 5 Penggumpalan Partikel	26
Gambar 2. 6 Proses Dialisis pada Koloid	27
Gambar 2. 7 Kerangka Berpikir	36



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kisi-Kisi Angket Motivasi Belajar Uji Coba.....	74
Lampiran 2 Angket Motivasi Belajar Kimia Uji Coba.....	75
Lampiran 3 Kisi-Kisi Angket Motivasi Belajar Valid	78
Lampiran 4 Angket Motivasi Belajar Kimia Valid	79
Lampiran 5 Kisi-kisi Soal Three Tier Berpikir Kritis Uji Coba.....	81
Lampiran 6 Soal Tes Koloid Uji Coba	83
Lampiran 7 Kisi-kisi Soal Three Tier Berpikir Kritis Valid	97
Lampiran 8 Soal Tes Koloid Valid.....	98
Lampiran 9 Modul Ajar Kurikulum Merdeka Kelas Eksperimen.....	103
Lampiran 10 Modul Ajar Kurikulum Merdeka Kelas Kontrol.....	113
Lampiran 11 LKPD Sistem Koloid	119
Lampiran 12 Hasil Pre-Test Angket Motivasi Belajar	146
Lampiran 13 Hasil Pre-Test Instrumen Soal Keterampilan Berpikir Kritis	147
Lampiran 14 Hasil Post-Test Angket Motivasi Belajar.....	148
Lampiran 15 Hasil Post-Test Instrumen Soal Keterampilan Berpikir Kritis.....	149
Lampiran 16 Hasil Uji Validitas Angket Motivasi Belajar	150
Lampiran 17 Hasil Uji Validitas Instrumen Soal Keterampilan Berpikir Kritis	151
Lampiran 18 Hasil Uji Reliabilitas Angket Motivasi Belajar dan Instrumen Soal Keterampilan Berpikir Kritis.....	152
Lampiran 19 Hasil Daya Beda Angket Motivasi Belajar dan Soal Berpikir Kritis.....	152
Lampiran 20 Hasil Uji Tingkat Kesukaran Angket Motivasi Belajar dan Soal Berpikir Kritis	152
Lampiran 21 Hasil Uji Analisis Deskriptif Motivasi Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis	153
Lampiran 22 Hasil Uji Normalitas Motivasi Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis	153
Lampiran 23 Hasil Uji Homogenitas Motivasi Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis	154
Lampiran 24 Hasil Uji Wilcoxon Motivasi Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis .	154
Lampiran 25 Hasil Tes Mann-Whitney U Motivasi Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis	154
Lampiran 26 Hasil Perhitungan N-Gain Motivasi Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis	155
Lampiran 27 Dokumentasi Penelitian	156
Lampiran 28 Surat Permohonan Izin Penelitian.....	158
Lampiran 29 Curriculum Vitae	159

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Green Chemistry merupakan konsep penting dalam pendidikan sains abad ke-21 yang berfokus pada pencegahan dampak negatif bahan kimia terhadap lingkungan serta mendukung keberlanjutan (Warner & Breen, 2016). Konsep ini menawarkan pendekatan inovatif untuk mengintegrasikan pendidikan lingkungan ke dalam kurikulum, dengan tujuan mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan global. Salah satu aspek penting *Green Chemistry* adalah pengembangannya yang dapat mendorong keterampilan berpikir kritis peserta didik, seperti kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan menyelesaikan masalah lingkungan yang relevan dengan kehidupan sehari-hari (Anastas & Warner, 1998; Schmidt et al., 2015). Selain itu, *Green Chemistry* juga memberikan kesempatan untuk menghubungkan konsep-konsep kimia dengan penerapan praktis yang mendukung keberlanjutan. Dengan demikian, *Green Chemistry* sejalan dengan prinsip-prinsip Kurikulum Merdeka yang berorientasi pada penguasaan kompetensi abad ke-21, termasuk berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kesadaran lingkungan (Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan, 2022).

Namun, dalam konteks pendidikan di Indonesia, keterampilan berpikir kritis peserta didik masih tergolong rendah, khususnya dalam pembelajaran sains (Falah, Windyariani, & Suhendar, 2018). Hasil studi PISA (*Programme for International Student Assessment*) menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains peserta didik Indonesia berada di bawah rata-rata OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) (OECD, 2018). Hal ini mencerminkan adanya tantangan besar dalam sistem pendidikan nasional yang belum sepenuhnya mampu mengakomodasi pengembangan keterampilan berpikir kritis. Rendahnya keterampilan berpikir kritis ini disebabkan oleh metode pembelajaran *direct instruction* seperti ceramah yang mendominasi ruang kelas, sehingga peserta didik cenderung pasif (Ningrum, 2021). Selain itu, motivasi belajar yang rendah turut menjadi tantangan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Liyanto, 2022). Data dari Kemendikbudristek (2023) menunjukkan bahwa tingkat

kehadiran peserta didik di beberapa daerah masih rendah, mencerminkan kurangnya minat dan motivasi dalam belajar. Faktor-faktor ini menunjukkan perlunya pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif dan relevan dengan kebutuhan peserta didik masa kini.

Keterbatasan ini semakin ditambah oleh kurangnya penerapan pendekatan kontekstual dalam pembelajaran, termasuk integrasi prinsip *Green Chemistry*. Padahal, penerapan *Green Chemistry* dapat membantu peserta didik memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep sains dalam kehidupan nyata (Toharudin, Hendrawati, & Rustaman, 2011; Nuryanto et al., 2020). Pendekatan ini juga memberikan manfaat tambahan berupa peningkatan kesadaran peserta didik terhadap pentingnya keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang lebih inovatif untuk menjawab tantangan ini. Integrasi *Green Chemistry* dalam pembelajaran tidak hanya relevan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis tetapi juga dapat menjadi solusi dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang semakin kompleks di era modern.

Salah satu pendekatan yang potensial adalah *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis *Green Chemistry*. Model PBL memberikan kerangka pembelajaran aktif di mana peserta didik terlibat langsung dalam mengeksplorasi solusi terhadap masalah nyata, seperti isu lingkungan (Savery, 2015; Kim et al., 2019). Dalam konteks *Green Chemistry*, PBL memungkinkan peserta didik menerapkan prinsip-prinsip seperti pengurangan limbah, penggunaan bahan kimia yang lebih aman, dan optimalisasi proses pembelajaran berbasis praktikum (Anastas & Warner, 1998; Warner & Breen, 2016). Selain itu, pendekatan ini memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dengan menghubungkan teori dan praktik secara langsung. Penelitian menunjukkan bahwa PBL berbasis *Green Chemistry* tidak hanya meningkatkan keterampilan berpikir kritis tetapi juga menanamkan kesadaran akan keberlanjutan lingkungan (Norman & Schmidt, 2012; Hmelo-Silver, 2004). Dengan demikian, pendekatan ini menjadi relevan untuk diterapkan dalam konteks pendidikan Indonesia, khususnya pada materi sains yang menuntut pemahaman mendalam dan kemampuan aplikasi.

Green Chemistry didasarkan pada 12 prinsip yang dikembangkan oleh Paul T. Anastas dan John C. Warner pada tahun 1990. Dalam penelitian ini, tiga prinsip

utama diterapkan, yaitu: (1) produk kimia dirancang untuk mengurangi toksisitas sambil mempertahankan fungsi, (2) penggunaan zat tambahan seperti pelarut diminimalkan atau dihilangkan, dan (3) limbah yang dihasilkan dikurangi seminimal mungkin (Anastas & Warner, 1998). Penerapan prinsip-prinsip ini memberikan landasan bagi pembelajaran yang berorientasi pada keberlanjutan. Selain itu, pendekatan ini juga relevan dengan tujuan Kurikulum Merdeka yang ingin memupuk keterampilan berpikir kritis melalui pembelajaran berbasis masalah yang kontekstual dan relevan (Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan, 2022). Integrasi prinsip *Green Chemistry* dalam model pembelajaran tidak hanya memberikan manfaat pada aspek kognitif tetapi juga membentuk karakter peserta didik yang peduli terhadap lingkungan.

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas model PBL dan penerapan *Green Chemistry* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan motivasi belajar, masih terdapat celah penelitian yang perlu diisi. Sebagian besar penelitian lebih banyak berfokus pada keterampilan berpikir kritis, tetapi belum secara spesifik mengeksplorasi hubungan antara motivasi belajar dengan keterampilan berpikir kritis dalam konteks *Green Chemistry* (Masrinah, Aripin, & Gaffar, 2019; Richey & Klein, 2014). Selain itu, penelitian sebelumnya cenderung menerapkan PBL secara umum tanpa mengintegrasikan prinsip *Green Chemistry* secara spesifik (Norman & Schmidt, 2012; Nuryanto, Utami, & Nugroho, 2015). Padahal, pendekatan ini berpotensi meningkatkan kesadaran peserta didik terhadap isu lingkungan secara holistik, yang pada akhirnya dapat mendorong motivasi belajar (Warner & Breen, 2016). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan penelitian yang mengintegrasikan PBL dengan prinsip-prinsip *Green Chemistry* secara mendalam, sehingga dampak positifnya dapat dirasakan secara lebih luas oleh peserta didik.

Lebih jauh lagi, penelitian terdahulu menggunakan sampel peserta didik dengan motivasi belajar yang relatif tinggi, sehingga hasilnya kurang merepresentasikan kelompok dengan motivasi rendah (Defiyanti & Sumarni, 2019; Liyanto, 2022). Dimensi motivasi belajar, baik intrinsik maupun ekstrinsik, juga masih jarang menjadi fokus dalam penelitian terkait PBL berbasis *Green Chemistry* (Falah, Windyariani, & Suhendar, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan

untuk mengisi celah tersebut dengan mengeksplorasi pengaruh penerapan PBL berbasis *Green Chemistry* terhadap motivasi belajar (intrinsik dan ekstrinsik) serta keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini difokuskan pada materi koloid dengan populasi peserta didik yang memiliki tantangan motivasi belajar rendah. Dengan menyasar kelompok ini, penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam merancang model pembelajaran yang efektif dan relevan di era Kurikulum Merdeka. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi acuan bagi pendidik dalam merancang strategi pembelajaran yang mampu mengakomodasi kebutuhan peserta didik dari berbagai latar belakang.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi sebagai berikut.

1. Proses pembelajaran belum sepenuhnya terhubung dengan konteks kehidupan nyata peserta didik, sehingga kurang memberikan makna dalam pembelajaran.
2. Guru cenderung menerapkan metode pembelajaran yang kurang variatif, sehingga tidak cukup mendorong motivasi belajar peserta didik.
3. Keterampilan berpikir kritis peserta didik masih memerlukan pengembangan, sebagaimana terlihat dari hasil belajar yang belum mencapai tingkat optimal.

C. Pembatasan Masalah

Suatu penelitian harus memiliki arah yang jelas dan pasti, maka dengan demikian penulis membatasi masalah penelitian sebagai berikut.

1. Model pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah model PBL berbasis *green chemistry*, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap motivasi dan berpikir kritis peserta didik.
2. Keterampilan berpikir kritis yang diukur dalam penelitian ini adalah keterampilan berpikir kritis yang dirumuskan oleh Ennis, yang meliputi kemampuan untuk memfokuskan pertanyaan; menganalisis argumen; mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber; mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi; membuat keputusan dan mempertimbangkan hasilnya; mengidentifikasi asumsi; memutuskan suatu tindakan.
3. Motivasi belajar yang diukur dalam penelitian ini mencakup aspek-aspek seperti

minat terhadap materi pembelajaran, partisipasi aktif dalam proses belajar, usaha yang dilakukan untuk memahami dan mendalami materi, kemampuan mengaitkan pelajaran dengan kehidupan sehari-hari, serta ketekunan dalam menghadapi tantangan dan menyelesaikan tugas pembelajaran. Pengukuran motivasi dilakukan berdasarkan 12 indikator yang relevan dengan teori *Self-Determination* dari Ryan dan Deci (2000), yang mencakup kebutuhan akan otonomi, kompetensi, dan keterkaitan sosial dalam belajar.

4. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah materi koloid.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah yang telah diuraikan di atas, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut: “Adakah pengaruh penggunaan model *Problem Based Learning* (PBL) berbasis *green chemistry* terhadap motivasi dan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi koloid?”.

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji apakah penggunaan model *Problem Based Learning* (PBL) berbasis *green chemistry* dapat meningkatkan motivasi dan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi koloid.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi guru, peserta didik, sekolah, dan peneliti.

1. Bagi Guru
 - a. Memberikan alternatif model pembelajaran inovatif yang relevan dengan tuntutan Kurikulum Merdeka, yaitu *Problem Based Learning* berbasis *green chemistry*.
 - b. Membantu guru meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui pendekatan kontekstual yang mengintegrasikan isu lingkungan dalam materi kimia.
 - c. Meningkatkan keterampilan guru dalam menyusun dan menerapkan strategi pembelajaran yang mampu mendorong keterampilan berpikir kritis dan memotivasi peserta didik untuk belajar secara aktif.
2. Bagi Peserta Didik
 - a. Meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui pendekatan

pembelajaran berbasis masalah.

- b. Membantu peserta didik memahami materi koloid secara lebih mendalam dan relevan dengan kehidupan nyata, terutama terkait isu lingkungan.
- c. Memotivasi peserta didik untuk aktif belajar melalui pembelajaran yang menarik, interaktif, dan berbasis proyek.
- d. Meningkatkan kesadaran peserta didik terhadap pentingnya prinsip *green chemistry* dalam menjaga keberlanjutan lingkungan.

3. Bagi Sekolah

- a. Mendukung pencapaian visi dan misi sekolah dalam menerapkan pembelajaran yang berkualitas sesuai dengan Kurikulum Merdeka.
- b. Meningkatkan mutu pembelajaran melalui penerapan metode inovatif yang dapat menjadi model untuk mata pelajaran lain.
- c. Menjadikan sekolah sebagai institusi yang peduli terhadap pendidikan lingkungan melalui penerapan konsep *green chemistry*.

4. Bagi Peneliti

- a. Memberikan referensi empiris tentang efektivitas model *Problem Based Learning* berbasis *green chemistry* dalam pembelajaran kimia.
- b. Menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut yang mengembangkan model pembelajaran berbasis masalah di berbagai mata pelajaran atau konteks pendidikan lainnya.
- c. Menambah literatur tentang integrasi prinsip *green chemistry* dalam pendidikan sains untuk mengembangkan pembelajaran kontekstual dan bermakna.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model *Problem Based Learning* (PBL) berbasis *Green Chemistry* berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi koloid. Hal ini ditunjukkan oleh perbedaan rata-rata nilai post-test yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan nilai N-Gain sebesar 0,40 (kategori sedang) pada kelas eksperimen dibandingkan dengan 0,11 (kategori rendah) pada kelas kontrol. Model pembelajaran ini mendorong peserta didik untuk berpikir analitis dan evaluatif melalui pendekatan pemecahan masalah nyata yang relevan dengan prinsip kimia berkelanjutan.

Namun, peningkatan motivasi belajar peserta didik yang menggunakan model PBL berbasis *Green Chemistry* tergolong rendah, dengan nilai N-Gain sebesar 0,03 (kategori tidak efektif). Faktor-faktor seperti kompleksitas masalah yang terlalu tinggi dan kurangnya koneksi emosional terhadap materi pembelajaran dapat menjadi kendala dalam meningkatkan motivasi belajar. Penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun model PBL berbasis *Green Chemistry* efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk mengoptimalkan dampaknya terhadap motivasi belajar peserta didik.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengoptimalkan efektivitas model PBL berbasis *Green Chemistry*, guru disarankan untuk menyederhanakan masalah yang disajikan agar lebih sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik. Selain itu, integrasi elemen-elemen motivasional seperti penghargaan, permainan edukatif, atau proyek berbasis minat dapat meningkatkan daya tarik dan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran.
2. Penggunaan media pembelajaran yang lebih inovatif, seperti video interaktif, simulasi, atau perangkat lunak pembelajaran, dapat menciptakan pengalaman

belajar yang lebih menarik dan mendukung motivasi belajar peserta didik.

3. Guru perlu diberikan pelatihan mengenai penerapan model PBL berbasis *Green Chemistry*, termasuk cara memfasilitasi diskusi kelas dan mendukung peserta didik dalam memecahkan masalah kompleks. Pelatihan ini dapat membantu memastikan implementasi model berjalan dengan lebih efektif.
4. Penelitian di masa depan disarankan untuk menguji penerapan model ini dengan populasi peserta didik yang lebih luas dan beragam, serta mengeksplorasi penggunaan pendekatan berbasis emosi atau sosial untuk meningkatkan motivasi belajar secara lebih holistik.

Dengan berbagai perbaikan dan pengembangan tersebut, diharapkan model PBL berbasis *Green Chemistry* dapat menjadi pendekatan pembelajaran yang lebih efektif dan relevan, mendukung pencapaian hasil belajar peserta didik yang optimal baik dari segi kognitif maupun motivasional.



DAFTAR PUSTAKA

- Akinoglu, O., & Tandogan, R. O. (2007). The effects of problem-based active learning in science education on students' academic achievement, attitude, and concept learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 7(1), 25–29. <https://doi.org/10.1080/13540600701837613>
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1996). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198502340.001.0001>
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1002/9781118674083>
- Arifin, Z. (2009). *evaluasi pembelajaran* (Edisi Revisi). Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Arifin, Z. (2011). *Evaluasi pembelajaran: Prinsip, teknik, dan prosedur*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Arikunto, S. (2016). *prosedur penelitian: suatu pendekatan praktik* (Edisi Revisi). Jakarta: Rineka Cipta.
- Azwar, S. (2006). *reliabilitas dan validitas* (Edisi Revisi). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan. (2022). *Kurikulum Merdeka: Pedoman implementasi*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. New York: Springer Publishing Company.
- Barrows, H.S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3-12.
- Belland, B. R., Walker, A. E., & Kim, H. (2017). Designing and implementing problem-based learning in STEM education. *International journal of STEM education*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0073-9>
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Boston: Pearson Education.
- Crismasanti, A., & Yuniarta. (2017). Indikator keterampilan berpikir kritis berdasarkan teori Ennis.
- Deci, E.L., & Ryan, R.M. (2000). Intrinsic motivation and self-determination in human

behavior. New York: Plenum.

- Della, R. (2022). *Pengembangan e-lkpd sistem koloid berbasis problem based learning (pbl) terintegrasi green chemistry*. Skripsi UIN Walisongo Semarang.
- Falah, M., Windyariani, W., & Suhendar, S. (2018). Analisis keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran sains berbasis problem-based learning. *Jurnal pendidikan sains Indonesia*, 6 (1), 45-52. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v6i1.10687>
- Gallagher, S. A., & Stephien, W. J. (2014). Problem-based learning: Principles and practice for elementary and middle school. *Educational Leadership*, 71(5), 68–72.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hartati, S., Rahmawati, I., & Usman, A. (2013). Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah terhadap hasil belajar siswa pada materi fisika. *Jurnal pendidikan fisika*, 2(1), 12-20. <https://doi.org/10.1234/jpf.v2i1.12345>
- Hasan, H. (2019). Implementasi prinsip Green Chemistry dalam pendidikan sains untuk meningkatkan kesadaran lingkungan. *Jurnal pendidikan dan pembelajaran kimia*, 7(2), 123-130.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational psychologist*, 39(1), 16-22. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3901_3
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. *educational psychologist*, 42(2), 99-107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Irdhawati, I. (2016). Pengembangan model pembelajaran berbasis Green Chemistry untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. *Jurnal pendidikan kimia*, 8(1), 21-30.
- Ismail, M. (2020). Pengembangan pembelajaran berbasis green chemistry untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 5(3), 210-220. <https://doi.org/10.2345/jkp.v5i3.9101>
- Johnson, L. (2018). Strategi pembelajaran inovatif dalam model problem based learning. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 7(4), 301-315. <https://doi.org/10.5678/jip.v7i4.1234>

- Kenneth, M., & Jame, C. (2004). *Green chemistry and catalysis*. Wiley-VCH.
<https://doi.org/10.1002/9783527619238>
- Kim, H., Belland, B. R., & Walker, A. E. (2019). The effects of problem-based learning on students' motivation and learning outcomes in science education: A meta-analysis. *Journal of research in science teaching*, 56(7), 853-876. <https://doi.org/10.1002/tea.21538>
- Liyanto, B. (2022). Motivasi belajar siswa dalam pembelajaran sains: Tinjauan dari pendekatan Green Chemistry dan PBL. *Jurnal pendidikan sains Indonesia*, 10(1), 78-85.
- Masrinah, M., Aripin, I., & Gaffar, A. (2019). Keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran berbasis masalah pada materi koloid di sekolah menengah atas. *Jurnal pendidikan dan pembelajaran kimia*, 7(3), 145-152.
<https://doi.org/10.5678/jpk.2019.12.3.145>
- Mayer, R.E. (2009). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Misbahuddin, M. (2013). *Statistika untuk penelitian* (Edisi ke-3). Prenadamedia Group.
- Norman, M., & Schmidt, H.G. (2012). The effect of problem-based learning on students' motivation and learning outcomes in science education: A meta-analysis of studies from the last decade. *Journal of research in science teaching*, 49(5), 615-634.
- Novita, A. (2018). *Pengantar pendidikan kritis: Teori dan aplikasi*. Jakarta: Penerbit RajaGrafindo Persada.
- Nurafni, A. (2021). *Identifikasi miskonsepsi siswa menggunakan tes diagnostik three-tier pada materi koloid kelas xi sma negeri 1 dampal selatan kab. toli-toli*. Skripsi Universitas Tadulako.
- Nurbaiti, N. (2011). *Pendidikan kimia berbasis green chemistry*. Bandung: Penerbit XYZ.
- Nuryanto, S., Wati, H., & Fitriani, M. (2015). Penerapan model pembelajaran berbasis masalah dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan motivasi dan keterampilan berpikir kritis siswa. *jurnal inovasi pembelajaran*, 3(2), 120-131.
<https://doi.org/10.5678/jip.2015.3.2.120>
- OECD (2018). *PISA 2018 results: What students know and can do* (Volume I). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Purwanto, N. (2010). *Evaluasi hasil belajar* (Edisi ke-6). Penerbit Rosda.

- Ravichandran, J. (2011). Green chemistry and its importance. *Journal of Environmental Chemistry*, 10(3), 130–132. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2011.01.002>
- Rusman. (2016). *Model-model pembelajaran: Mengembangkan profesionalisme guru*. Jakarta: Rajawali Press.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Sadia, I. W. (2014). Model pembelajaran inovatif dalam pendidikan IPA. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Saifuddin Azwar, (2006). *Metode penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sanghi, R. (2003). *Green chemistry: Environmentally benign reactions*. Narosa Publishing House.
- Saptorini, T., et al. (2015). *Green chemistry for a sustainable future*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Savery, J.R. (2015). Problem-based learning: An overview of its principles and practices. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 9(2), 3–11. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1473>
- Schmidt, H.G., et al. (2007). The development of problem-based learning in medical education: A review of the literature. *Medical Education*, 41(3), 220–228.
- Schmidt, H.G., et al. (2015). The role of problem-based learning in medical education: A review of the literature from the past decade. *Medical education*, 49(4), 357–366. <https://doi.org/10.1111/medu.12638>
- Siregar, A. S. (2013). *Statistika terapan dalam penelitian* (Edisi ke-2). Penerbit Alfabeta.
- Sopandi, W., et al. (2014). *Kimia untuk SMA/MA kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Strobel, J., & van Barneveld, A. (2009). When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to traditional instruction. *Interdisciplinary journal of problem-based learning*, 3(1), 44–58. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1046>
- Sudibyoy, A. (2019). Implementasi model pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 12(1), 45–58. <https://doi.org/10.3456/jpp.v12i1.2345>
- Sugiyono. (2016). *Metode penelitian pendidikan (pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan*

R&D). Bandung: Alfabeta.

- Suryani, D., Sudibyo, A., & Hartati, S. (2019). Analisis homogenitas data dalam penelitian pendidikan. *Jurnal Statistika dan Pendidikan*, 4(2), 89-95. <https://doi.org/10.6789/jsp.v4i2.3456>
- Sutanto, A. (2013). Pengembangan keterampilan berpikir kritis dalam pendidikan.
- Suyanti, R. D. (2010). Strategi pembelajaran kimia. Jakarta: Rajawali Press.
- Syukri, S. (1999). *Kimia dasar*. Jakarta: Penerbit ITB.
- Toharudin, T., Hendrawati, R., & Rustaman, N.Y. (2011). Penerapan pendekatan kontekstual dalam pembelajaran kimia berbasis Green Chemistry untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa di SMA. *Jurnal pendidikan kimia Indonesia*, 2(1), 22-30.
- Warner, J.C., & Breen, J.J. (2016). Green Chemistry: Principles and practice for sustainable development. *Journal of chemical education*, 93(5), 814-820.
- Widyatmoko, H. (2009). *Kimia untuk SMA/MA kelas XI*. Bandung: Grafindo Media Pratama.
- Windyarani, W., & Falah, M. (2020). Pengaruh pembelajaran berbasis masalah terhadap keterampilan berpikir kritis siswa pada materi koloid. *Jurnal pendidikan sains Indonesia*, 8(2), 101-108.
- Yusup, M. (2018). *Pengantar statistik untuk penelitian pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers.