
PENGEMBANGAN ALAT PERAGA *GUFUS* SEBAGAI SUMBER BELAJAR MANDIRI PADA MATERI GUGUS FUNGSI

Bayu Setiawan^{1*}

¹MAN 3 Kulon Progo, Yogyakarta

*E-mail: bayusetiawan2196@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat peraga *Gufus* sebagai sumber belajar mandiri pada materi gugus fungsi serta mengetahui kualitas alat peraga *Gufus* berdasarkan penilaian ahli dan guru kimia SMA/MA. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) dengan model pengembangan 4D yaitu terdiri atas tahap define, design, develop, dan disseminate, namun tahap disseminate tidak dilakukan. Produk yang telah dikembangkan divalidasi oleh satu dosen ahli materi, satu dosen ahli media, serta guru kimia. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini yaitu lembar angket skala lima yang terdiri dari delapan aspek. Karakteristik alat peraga *Gufus* yang dikembangkan terdiri dari beberapa komponen, diantaranya huruf C-H-O, batang penghubung, angka dan penomoran yang disetiap komponen dipasang magnet untuk dapat ditempelkan pada papan tulis bermagnet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penilaian kualitas alat peraga *Gufus yang* dilakukan oleh satu dosen ahli materi mendapatkan kategori Sangat Baik (SB) dengan persentase keidealan 97,14% ; penilaian oleh ahli media mendapat kategori Sangat Baik (SB) dengan persentase keidealan 89% ; penilaian kualitas media oleh empat *reviewer* (guru kimia) mendapatkan kategori Sangat Baik (SB) dengan persentase keidealan 93,61%. Berdasarkan hasil penilaian, alat peraga *Gufus* ini dapat dijadikan alternatif media pembelajaran kimia.

Kata kunci: Penelitian pengembangan, Alat peraga *Gufus*, Gugus fungsi

DOI: <https://doi.org/10.14421/jtcre.2022.41-04>

1. PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang materi meliputi struktur, susunan, sifat, dan perubahan materi serta energi yang menyertainya (Chang, 2005). Kimia merupakan salah satu mata pelajaran dengan materi yang bersifat abstrak. Sebagian besar siswa beranggapan bahwa kimia adalah mata pelajaran yang sulit karena berisi konsep yang abstrak sehingga memerlukan daya imajinasi untuk memahaminya (Woldeamanuel, Atagana, & Engida, 2014; Ristiyani & Bahriah, 2016). Realita di sekolah menunjukkan bahwa kimia merupakan pembelajaran yang membosankan dan sulit dipahami oleh siswa (Sariati et al., 2020). Berdasarkan cakupan materi ilmu kimia, sebagian besar terdiri dari konsep-konsep yang bersifat abstrak. Hal ini sesuai dengan karakteristik ilmu kimia itu sendiri, yaitu: (1) bersifat abstrak, (2) penyederhanaan dari keadaan sebenarnya, (3) berurutan dan berjenjang. Karakteristik inilah yang membuat kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang sulit dipahami oleh siswa (Erlina 2011; Sen, 2020). Berdasarkan penelitian Anisa & Yulianto (2017) menunjukkan bahwa siswa merasa pembelajaran tidak menyenangkan dan membosankan sehingga siswa menganggap kimia merupakan mata pelajaran yang sulit.

Salah satu materi kimia yang bersifat abstrak adalah materi gugus fungsi. Gugus fungsi adalah gugus yang menentukan sifat-sifat senyawa organik. Pembahasan materi gugus fungsi sangat banyak, diantaranya alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, dan ester (Chang, 2005). Materi gugus fungsi merupakan salah satu materi yang sering dianggap sulit dan memiliki cakupan yang sangat luas (Knudtson, 2015). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Akuzzu & Uyulgan (2015) menunjukkan bahwa pemahaman siswa mengenai materi yang berkaitan dengan gugus fungsi masih tergolong rendah. Biasanya siswa hanya menghafalkan materi gugus fungsi tanpa memahami (Carney, 2015).

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa guru kimia SMA/MA, menyatakan bahwa materi kimia gugus fungsi dianggap sulit oleh siswa di kelas XII. Siswa mengalami kesulitan dalam hal menentukan jenis-jenis gugus fungsi, penamaan senyawa gugus fungsi, dan pembuatan isomernya. Pembelajaran materi gugus fungsi sendiri, guru sering menggunakan media molymod. Namun, ternyata penggunaan media molymod dalam pembelajaran materi gugus fungsi dirasa kurang efektif, karena siswa kesusahan dalam membuat senyawa yang mengandung gugus fungsi yang berbeda-beda sehingga diperlukan media untuk mengatasi masalah tersebut. Selain itu, kendala lainnya yaitu alokasi waktu dalam penyampaian materi gugus fungsi yang relatif sedikit tetapi materinya yang banyak sehingga materi tidak dapat tersampaikan semua di dalam kelas. Guru biasanya mengatasi hal tersebut dengan cara meminta siswa belajar secara mandiri di luar kelas. Namun sering kali siswa kesulitan apabila belajar secara mandiri dikarenakan kurang memahami materi tersebut. Peningkatan pemahaman siswa pada materi gugus fungsi dapat dilakukan dengan strategi pembelajaran dan media pembelajaran yang efektif dalam proses pembelajaran (Inamasari, Kusasi, Sholahuddin, 2015; Ulfah, Subandi, Munzil, 2017). Oleh karena itu, diperlukan suatu media pembelajaran yang dapat memudahkan siswa secara mandiri mempelajari materi gugus fungsi.

Media pembelajaran memiliki peranan penting dalam menciptakan pembelajaran yang interaktif dan meningkatkan efektifitas pembelajaran (Kamaludin, 2021). Media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima sehingga merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan minat siswa untuk belajar tercapai tujuan pembelajaran secara efektif (Tafonao, 2018). Media pembelajaran sangat membantu guru dalam menyampaikan materi pembelajaran dengan lebih sederhana dan menarik sehingga mudah dipahami (Kamaludin & Nisak, 2020). Adanya media pembelajaran diharapkan dapat mengatasi keterbatasan ruang dan waktu dalam belajar. Keterbatasan guru dalam memberikan materi dan

keterbatasan waktu dapat diatasi dengan menggunakan media pembelajaran (Yektyastuti & Ikhsan, 2016). Jadi, media pembelajaran sangat dibutuhkan siswa dalam memahami materi khususnya pada pembelajaran kimia. Penggunaan alat peraga dalam pembelajaran kimia dapat menciptakan pembelajaran yang menyenangkan dan tidak membosankan serta meningkatkan pemahaman siswa (Oktiarmi, 2018). Alat peraga *Gufus* adalah alat peraga yang didesain untuk membantu siswa dalam memahami tata cara penamaan gugus fungsi dan isomerisasinya. Dengan adanya alat peraga tersebut diharapkan dapat memudahkan siswa dalam mempelajari materi gugus fungsi. Selain itu, juga dapat mengatasi masalah waktu yang sedikit untuk mempelajari materi gugus fungsi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Model pengembangan dalam penelitian ini menggunakan model 4-D (*four-D model*) yang terdiri dari tahap *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *development* (pengembangan) dan *disseminate* (penyebarluasan). Namun, pengembangan yang dilakukan hanya sampai pada tahap *development*. Tahap *define* dilakukan dengan analisis kebutuhan, analisis kurikulum, dan analisis kompetensi. Analisis kebutuhan dilakukan dengan melakukan survei dan wawancara dengan guru di sekolah. Analisis kurikulum dilakukan dengan menganalisis standar isi dan kompetensi dasar yang ada dalam kurikulum. Tahap *design* dilakukan dengan perancangan desain produk dan penyusunan instrumen penelitian. Perancangan desain produk dilakukan dengan mendesain produk media pembelajaran berupa alat peraga sesuai dengan materi dan kompetensi dasar yang telah ditetapkan.

Tahap *development* dilakukan dengan pembuatan produk, validasi produk, dan penilaian kualitas produk. Pembuatan produk dilakukan dengan pembuatan media berupa alat peraga yang berfungsi untuk membantu siswa dalam mempelajari tatanama senyawa dan isomer pada materi gugus fungsi. Validasi produk dilakukan oleh satu dosen ahli materi, satu dosen ahli media, dan tiga *peer reviewer*. Penilaian kualitas produk dilakukan oleh empat guru kimia SMA/MA (*reviewer*).

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data validasi ahli, data penilaian kualitas media, dan data respon peserta didik. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik wawancara, studi pustaka dan angket. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar validasi dan penilaian produk. Data hasil validasi media oleh ahli dan penilaian kualitas media dianalisis dengan mengubah hasil penilaian kualitas produk yang berbentuk huruf (data kualitatif) menjadi skor (data kuantitatif). Kemudian menghitung jumlah skor rerata dari penilaian satu ahli materi dan satu ahli media dan mengubah skor rata-rata untuk seluruh aspek penilaian dan setiap aspek penilaian menjadi nilai kualitatif sesuai dengan kriteria penilaian ideal dengan ketentuan yang tertera pada Tabel 1. (Widoyoko, 2011).

Tabel 1. Kriteria Kategori Penilaian Ideal

Rentang skor (i)	Kategori
$X_i + 1,80 S_{Bi} < X$	Sangat Baik
$X_i + 0,60 S_{Bi} < X \leq X_i + 1,80 S_{Bi}$	Baik
$X_i - 0,60 S_{Bi} < X \leq X_i + 0,60 S_{Bi}$	Cukup
$X_i - 1,80 S_{Bi} < X \leq X_i - 0,60 S_{Bi}$	Kurang
$X \leq X_i - 1,80 S_{Bi}$	Sangat Kurang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengembangan ini adalah sebuah alat peraga *Gufus* sebagai sumber belajar mandiri pada materi gugus fungsi. Alat peraga yang dikembangkan berupa arilik yang didesain berbentuk huruf C sebagai atom karbon (C), huruf H sebagai atom hidrogen (H), dan huruf O sebagai atom oksigen (O) untuk membuat struktur suatu senyawa pada materi pembelajaran gugus fungsi. Produk ini dilengkapi dengan papan tulis putih yang dapat ditempel magnet, batang penghubung, akrilik angka, akrilik penomoran, kartu soal, kartu bonus, spidol, dan kertas petunjuk penggunaan.

Pengembangan media ini menggunakan model pengembangan 4-D (*four-D model*) yang terdiri dari tahap *define*, *design*, *development* dan *disseminate*. Namun, pengembangan yang dilakukan hanya sampai pada tahap *development*. Tahap *define* dilakukan dengan analisis kebutuhan, analisis kurikulum, dan analisis kompetensi. Analisis kebutuhan bertujuan untuk menganalisis masalah yang ada dalam lingkungan pembelajaran di sekolah dan mengetahui kebutuhan pengembangan suatu produk sebagai solusi terhadap masalah yang ditemukan di lapangan. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia MA Madina Bantul dan SMA Colombo diperoleh informasi bahwa pembelajaran pada materi gugus fungsi hanya menggunakan buku pelajaran dan *power point* sebagai media sehingga proses pembelajaran masih didominasi oleh guru dan peserta didik cenderung lebih pasif dan bosan. Selain itu, siswa juga masih kurang memahami materi karena jam pelajaran untuk materi gugus fungsi yang sedikit sedangkan sub materi yang dipelajari banyak. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan melalui dengan cara mengubah proses kegiatan pembelajaran. Proses kegiatan belajar yang kurang maksimal di dalam kelas dapat diatasi antara dengan pembelajaran di luar kelas oleh siswa sendiri agar siswa dapat belajar secara mandiri.

Analisis kurikulum dan kompetensi dilakukan dengan menganalisis standar isi dan kompetensi dasar yang ada dalam kurikulum. Kurikulum yang digunakan adalah kurikulum 2013. Adapun materi yang dikembangkan yaitu materi gugus fungsi. Materi gugus fungsi membahas tentang struktur, tata nama, sifat, isomer, identifikasi dan kegunaan senyawa haloalkana, alkanol, eter (alkoksi alkanol), aldehida (alkanal), keton (alkanon), asam karboksilat (asam alkanoat), dan ester (alkil alkanoat).

Tahap *design* dilakukan dengan perancangan desain produk dan penyusunan instrumen penelitian. Perancangan desain produk dilakukan dengan mendesain produk berupa alat peraga. Tahap ini dilakukan studi pustaka mengenai alat peraga dan mengumpulkan referensi mengenai materi yang akan dimasukkan dalam alat peraga. Referensi mengenai alat peraga maupun materi diambil dari buku dan website resmi. Tahap awal dalam pembuatan produk dengan menggunakan program *CorelDRAW Graphic Suite X7*. Penyusunan instrumen dilakukan dengan membuat instrumen penelitian berupa lembar validasi ahli dan lembar penilaian kualitas produk.

Tahap *development* dilakukan dengan mengembangkan produk sesuai dengan rancangan awal produk yang telah dibuat menjadi alat peraga *Gufus* materi gugus fungsi. Alat peraga *Gufus* yang dikembangkan memiliki komponen yaitu Huruf C, H, O, penghubung, papan tulis putih, kartu petunjuk penggunaan. Huruf C sebagai atom karbon (C), huruf H sebagai atom hidrogen (H), dan huruf O sebagai atom oksigen (O). Tampilan huruf C, huruf H, dan huruf O dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan huruf C sebagai atom karbon, H sebagai atom hidrogen dan O sebagai atom oksigen

Angka terdiri dari dari angka "2" dan "3" sebagai penentu jumlah atom hidrogen yang diikat oleh atom karbon. Tampilan angka "2" dan "3" dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan angka "2" dan "3" pada media

Penghubung merupakan batang persegi panjang yang digunakan untuk menghubungkan antar rantai karbon maupun gugus fungsinya. Penghubung terdapat tiga warna, yaitu penghubung warna biru untuk menghubungkan antar rantai karbon utama, penghubung warna merah untuk menghubungkan karbon pada rantai cabang, dan penghubung warna abu-abu untuk menghubungkan karbon yang mengikat gugus fungsi suatu senyawa. Tampilan penghubung dalam media dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan penghubung dalam media

Penomoran berupa angka yang digunakan untuk memberikan nomor pada karbon rantai utama sehingga memudahkan dalam penamaan suatu senyawa gugus fungsi. Tampilan penomoran dalam media dapat dilihat pada Gambar 3. Papan tulis putih ini merupakan papan yang dapat ditempel magnet sehingga papan dapat digunakan untuk menempelkan alat peraga. Tampilan papan tulis dapat dilihat pada Gambar 4. Kartu petunjuk penggunaan berisi komponen-komponen, cara kerja tabel gugus fungsi dan contoh penggunaannya. Tampilan kartu petunjuk dalam media dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Tampilan penomoran dalam media



Gambar 4. Tampilan papan tulis putih

GUFUS

PETUNJUK PENGGUNAAN

Komponen-Komponen

- Karbon (C) digunakan sebagai atom (Gugus (C))
- Karbon (C) digunakan sebagai atom (Gugus (C))
- Karbon (C) digunakan sebagai atom (Gugus (C))
- Perantai digunakan untuk menyambung rantai karbon utama
- Angka 1 dan 2 digunakan sebagai penanda untuk atom-atom yang dilikat atom karbon
- Perantai panjang warna biru digunakan sebagai penghubung antara rantai karbon utama dengan gugus fungsi
- Perantai panjang warna merah digunakan sebagai penghubung antara rantai karbon utama dengan rantai cabang

Cara Kerja

- Buat 2 isomer dengan rumus molekul C_3H_8O dan 0 serta tambahkan angka 2 dan 3 di setiap rantai karbon untuk menunjukkan jumlah atom H yang dilikat
- Sambungkan setiap rantai karbon dengan perantai panjang warna biru dan perantai panjang warna merah atau atom-atom yang dilikat gugus fungsinya
- Tambahkan 3-metil pada struktur 2-butanol yang dilikat
- Sambungkan rantai karbon utama dan cabang dengan perantai panjang warna merah

Kelompok Senyawa	Gugus Fungsi	Rumus Empiris	Contoh (Nama)
Alkohol (Alkanol)	$-OH$	$C_nH_{2n+2}O$	CH_3-OH (metanol)
Eter (Alkoksialkana)	$-O-$	$C_nH_{2n+2}O$	CH_3-O-CH_3 (Metoksi Metana/ dimetil eter)
Aldehid (Alkanal)	$\begin{matrix} O \\ \\ -C-H \end{matrix}$	$C_nH_{2n}O$	$CH_3-C(=O)-H$ (Etanal)
Ketone (Alkanon)	$\begin{matrix} O \\ \\ -C-$	$C_nH_{2n}O$	$CH_3-C(=O)-CH_3$ (Propanon)
Asam Karboksilat (Asam Alkanat)	$\begin{matrix} O \\ \\ -C-OH \end{matrix}$	$C_nH_{2n}O_2$	$CH_3-C(=O)-OH$ (Asam Etanoat)
Ester (Alkil Alkanat)	$\begin{matrix} O \\ \\ -C-O- \end{matrix}$	$C_nH_{2n}O_2$	$CH_3-C(=O)-O-CH_3$ (Metil etanoat)

Contoh Penggunaan Alat Peraga Gufus

= 2-propanol

= butanon

= metoksi etana

= asam propanoat

= 2-metil propanal

= etil 2-metil propanoat

Gambar 5. Tampilan kartu petunjuk penggunaan dalam media

Produk yang didesain menggunakan *Corel DRAW Grapich Suite X7*. Produk yang telah dikembangkan divalidasi kepada satu dosen ahli materi, satu dosen ahli media, dan tiga *peer reviewer*. Saran dan masukan dosen ahli maupun *peer reviewer* digunakan sebagai bahan revisi dan penyempurnaan produk. Selanjutnya dilakukan penilaian kualitas produk berupa alat peraga *Gufus* materi gugus fungsi kepada empat guru kimia SMA/MA (*reviewer*). Data yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini meliputi data proses pengembangan produk, data validasi produk dan data kualitas produk. Data proses pengembangan produk berupa saran dan masukan dari satu dosen ahli materi, satu dosen ahli media, tiga *peer reviewer*, dan empat guru kimia SMA/MA (*reviewer*). Data proses pengembangan digunakan untuk revisi produk yang dikembangkan. Sedangkan data kualitas produk berupa penilaian yang dilakukan oleh satu dosen ahli materi, satu

dosen ahli media, dan empat guru kimia SMA/MA (*reviewer*) untuk menentukan kualitas alat peraga *Gufus* yang dikembangkan.

Produk yang telah dikembangkan divalidasi dan dinilai kepada satu ahli materi, ahli media dan guru kimia SMA/MA (*reviewer*) dengan instrumen yang terdiri atas delapan aspek kriteria penilaian dan dijabarkan menjadi 18 kriteria. Hasil validasi produk oleh ahli materi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Hasil analisis Penilaian Kualitas Alat Peraga *Gufus* Menurut Ahli Materi

No.	Aspek Penilaian	Nomor Kriteria	Skor Ahli Materi	Skor Rata-rata	Presentase Keidealan (%)	Kategori
1.	Keterkaitan dengan bahan ajar	1	5	5	100%	SB
		2	5			
		3	5			
2.	Nilai pendidikan	4	4	4,5	90%	SB
		5	5			
3.	Sumber belajar mandiri	6	5	5	100%	SB
		7	5			
Jumlah			34	14,5	97,14%	SB

Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan bahwa hasil penilaian oleh dosen ahli materi secara keseluruhan memiliki skor rata-rata 34 dengan persentase keidealan 97,14% dan termasuk kategori kualitas sangat baik (SB). Hasil analisis penilaian kualitas alat peraga *Gufus* pada materi gugus fungsi oleh ahli media dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Penilaian Kualitas Alat Peraga *Gufus* Menurut Ahli Media

No	Aspek	Skor rerata	Presentase Keidealan (%)	Kategori
1	Ketahanan alat	4	80%	B
2	Keakuratan alat	4	80%	B
3	Efisiensi	5	100%	SB
4	Keamanan bagi siswa	5	100%	SB
5	Keamanan bagi siswa	4,5	90%	SB
Keseluruhan		22,5	89%	SB

Hasil penilaian oleh dosen ahli media secara keseluruhan memiliki skor rata-rata 49 dengan persentase keidealan 89% dan termasuk dalam kategori kualitas sangat baik. Setelah dilakukan validasi oleh ahli, dilakukan penilaian kualitas media oleh guru kimia. Hasil analisis penilaian kualitas alat peraga *Gufus* menurut guru kimia dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Penilaian Kualitas Alat Peraga *Gufus* Menurut Guru Kimia

No	Aspek Penilaian	Skor rerata	Presentase Keidealan (%)	Kategori
1	Keterkaitan dengan bahan ajar	13,75	91,67%	SB
2	Nilai pendidikan	9,25	92,5%	SB
3	Ketahanan alat	13,5	90%	SB
4	Keakuratan alat	9,25	92,5%	SB
5	Efisiensi	10	100%	SB
6	Keamanan bagi siswa	10	100%	SB
7	Estetika	9	90%	SB
8	Sumber belajar mandiri	9,5	95%	SB
Keseluruhan		84,25	93,61%	SB

Hasil penilaian oleh empat guru kimia SMA/MA (*reviewer*) secara keseluruhan memiliki skor rata-rata 84,25 dengan persentase keidealan 93,61% dan termasuk dalam kategori kualitas Sangat Baik (SB).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa karakteristik produk alat peraga *Gufus* materi pokok gugus fungsi yang dikembangkan berupa alat peraga dari akrilik yang dilengkapi dengan magnet sehingga dapat ditempelkan pada papan tulis sehingga dapat menjadi sumber belajar secara mandiri bagi siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penilaian media oleh ahli materi memperoleh skor rata-rata 34 dengan persentase keidealan 97,14% dan termasuk kategori Sangat Baik (SB). Hasil penilaian media oleh ahli media memperoleh skor rata-rata 49 dengan persentase keidealan 89% dan termasuk kategori Sangat Baik (SB). Sedangkan penilaian kualitas media oleh empat guru kimia SMA/MA memperoleh skor rata-rata 84,25 dengan persentase keidealan 93,61% dan termasuk kategori Sangat Baik (SB).

DAFTAR PUSTAKA

- Akuzzu, N & Uyulgan, A. 2015. An epistemological inquiry into organic chemistry education: Exploration of undergraduate students' conceptual understanding of functional group. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 36-57. DOI: 10.1039/c5rp00128e.
- Anisa, F. & Yuliyanto, E. (2017). Analisis faktor yang mempengaruhi pembelajaran kimia di SMA Teuku Umar Semarang. *Makalah* disajikan dalam Seminar Nasional Pendidikan, Sains dan Teknologi FMIPA, di Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Carney, J. M. (2015). Retrosynthetic rummy: A synthetic organic chemistry card game. *Journal of Chemical Education*, 92 (2), 328–331. <https://doi.org/10.1021/ed500657u>.
- Chang, R. (2005). *Kimia dasar: Konsep-konsep inti jilid I*. Jakarta :Erlangga
- Erlina. (2011). Deskripsi kemampuan berpikir formal mahasiswa pendidikan kimia Universitas Tanjungpura. *Jurnal Visi Ilmu Pendidikan*, 6(3), 631-640. <http://dx.doi.org/10.26418/jvip.v6i3.56>.
- Inamasari, E. Kusasi, M. & Sholahuddin, A. (2015). Pengembangan media pembelajaran berbasis multimedia interaktif menggunakan macromedia director pada materi pokok gugus fungsi senyawa karbon. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 6(1), 29-38. <http://dx.doi.org/10.20527/quantum.v6i1.3219>.
- Kamaludin, A. & Nisak, D. N. (2020). Pengembangan media pembelajaran damdam ji chemistry pada materi koloid untuk SMA/MA kelas XI. *Jurnal Pendidikan Sains*, 8(1), 66-72. <https://doi.org/10.26714/jps.8.1.2020.66-72>.
- Kamaludin, A. (2021). The influence of lewis bond on student learning outcome of chemical bond materials. *Jurnal Pendidikan & Pembelajaran Kimia*, 10(1), 1-7. <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JPK/article/view/21999>.

- Knudtson, C.A. (2015). ChemKarta: A Card Game for Teaching Functional Group in Undergraduate Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92(9): 1514-1517. DOI: 10.1021/ed500729v
- Oktiarmi, P. (2018). Pengembangan alat peraga kimia sederhana (algotomiokul) pada materi atom, ion dan molekul untuk meningkatkan aktivitas belajar siswa. *Jurnal Guru Dikmen & Dikus*, 1(1), 41-50. <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/1774526>.
- Ristiyani, E., & Bahriah, E. (2016). Analisis kesulitan belajar kimia siswa di SMAN X Kota Tangerang. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 2(1), 18-29. doi:<http://dx.doi.org/10.30870/jppi.v2i1.431>.
- Sariati, N., I Nyoman, S., & Ni Made, W. (2020). Analisis kesulitan belajar kimia siswa kelas XI pada materi larutan penyangga. *Jurnal Imiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 4(1), 86-97. doi:<http://dx.doi.org/10.23887/jipp.v4i1.15469>.
- Sen, S. (2020). ChemistDice: A game for organic functional groups. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 535-539. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01163>.
- Tafonao, T. (2018). Peranan media pembelajaran dalam meningkatkan minat belajar mahasiswa. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(2), 103-114. <https://doi.org/10.32585/jkp.v2i2.113>.
- Ulfah, M., Subandi, Munzil. (2017). Miskonsepsi pada materi gugus fungsi dan potensi strategi konflik kognitif berbasis multiple representasi dalam memperbaikinya. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 2(2), 9-14. <http://dx.doi.org/10.17977/um026v2i22017p009>.
- Widoyoko, E. (2011). *Evaluasi program pembelajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Woldeamanuel, M., Atagana, H., & Engida. T. (2014). What makes chemistry difficult?. *African Journal of Chemical Education*, 4(2), 31-43. Retrieved from <https://www.ajol.info/index.php/ajce/article/view/104070>.
- Yektyastuti, R., & Ikhsan, J. (2016). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi kelarutan untuk meningkatkan performa akademik peserta didik SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(1), 88-99. <http://dx.doi.org/10.21831/jipi.v2i1.10289>.