

**PENDEKATAN *RACKING* DAN *STACKING* DALAM MELIHAT PENGARUH
DISCOVERY LEARNING SAAT MENINGKATKAN
KETERAMPILAN PROSES SAINS DASAR BIOLOGI**

***A RACKING AND STACKING APPROACH TO EXAMINING THE EFFECT OF
DISCOVERY LEARNING ON THE IMPROVEMENT OF BASIC BIOLOGY
SCIENCE PROCESS SKILLS***

Erie Agusta¹⁾, Susi Dewiyeti^{2*)}, Ayu Sundari³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia, email: ¹⁾ericagusta1@gmail.com,

^{2*)}susidewiyeti09@gmail.com (penulis korespondensi), ³⁾sundaria601@gmail.com

Diterima: Juli 2025; Disetujui: September 2025; Diterbitkan: September 2025

Abstrak

Penelitian ini dilakukan karena *Classical Test Theory* (CTT) hanya dominan pada *group-centered statistics* dalam melihat pengaruh perlakuan, bukan pada *individual-centered statistics*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *Discovery Learning* (DL) dalam meningkatkan keterampilan proses sains dasar dengan pendekatan *racking & stacking*. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain pra eksperimen jenis *one grup pre-test-post-test*. Populasi dalam penelitian ini seluruh siswa kelas VII. Pengambilan sampel menggunakan *purposive*. Instrumen memiliki unidimensional (40,6%) dan reliabilitas (0,87) yang baik. Data 30 siswa yang diperoleh ditransformasikan ke jenis data interval menggunakan pengukuran permodelan Rasch. Analisis data menggunakan *paired sample t-test*. Hasil *paired sample t-test* diperdalam lagi menggunakan *racking* dan *stacking* rasch model. Hasil uji hipotesis menunjukkan terdapat perbedaan nilai sebelum pembelajaran dan sesudah pembelajaran. Hasil *racking* menunjukkan bahwa 14 item soal mengalami perubahan tingkat kesukaran dari yang awalnya sulit dijawab oleh siswa menjadi mudah dijawab oleh siswa. Soal yang paling signifikan mengalami perubahan tingkat kesukaran adalah soal nomor 1 tentang mengamati jaringan, dan soal yang paling sedikit mengalami perubahan adalah soal nomor 9 tentang merencanakan percobaan. Hasil *stacking* menunjukkan bahwa ada 25 siswa yang mengalami peningkatan, 3 siswa yang mengalami penurunan kemampuan dan 2 siswa kondisinya tetap.

Kata kunci: *Discovery Learning, Racking, Stacking.*

Abstract

This study was conducted because Classical Test Theory (CTT) predominantly relied on group-centered statistics to examine treatment effects rather than individual-centered statistics. The study aimed to determine the effect of the Discovery Learning (DL) model on improving basic science process skills using the racking and stacking approach. A quantitative method employing an pre-experimental design, specifically a one-group pre-test-post-test design, was used. The population consisted of all seventh-grade students, from whom samples were randomly selected. The instrument demonstrated acceptable unidimensionality (40.6%) and high reliability (0.87). Data obtained from 30 students were transformed into interval-scale data through Rasch model measurement. Data analysis was conducted using a paired-sample t test, the results of which were further examined using racking and stacking within the Rasch model framework. Hypothesis testing indicated a significant difference between pre-instruction and post-instruction scores. Racking results showed that 14 test items experienced shifts in difficulty levels, changing from initially difficult to easier for students. The most significant change occurred in Item 1 concerning tissue observation, whereas Item 9 related to experimental planning showed the least change. Stacking results indicated that 25 students improved, three experienced decreased ability, and two remained unchanged.

Keywords: *Discovery Learning, Racking, Stacking.*

Pendahuluan

Pembelajaran IPA merupakan salah satu pelajaran yang memerlukan praktikum. Pembelajaran IPA bukan hanya sebatas penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja, tetapi lebih sebagai proses penemuan. Pembelajaran IPA harus dilaksanakan secara menyeluruh termasuk penguasaan Keterampilan Proses Sains (KPS) dasar.

KPS sangat penting di tingkatkan karena merupakan kunci pengembangan literasi sains (Rahayu & Hardini, 2019). Masalah KPS merupakan masalah yang perlu segera ditangani karena kemampuan ini adalah kemampuan dasar yang harus dimiliki siswa untuk melakukan sebuah percobaan pada materi IPA (Semawan, 1989).

Berdasarkan hasil wawancara secara langsung dengan guru dan siswa kelas VII di salah satu sekolah di Palembang diperoleh beberapa identifikasi masalah, yakni 1) Guru tidak melakukan praktikum selama pandemi. 2) Guru tidak meningkatkan KPS dasar di masa pandemi. 3) Guru menggunakan model pembelajaran *inkuiri* namun pada pelaksanaannya belum maksimal hal ini dibuktikan dengan banyaknya siswa yang tidak mencapai KKM. Terakhir, 4) nilai rata-rata ulangan harian siswa pada materi jaringan hewan dan jaringan tumbuhan sebesar 57,33. Bahkan pada materi yang sama, nilai rerata ulangan harian pernah 40—70 selama dua tahun berturut-turut di 2020 & 2021.

Materi jaringan hewan dan jaringan tumbuhan memiliki karakteristik yang kompleks dan bersifat mikroskopis. Semestinya, jika kemampuan kognitif dan psikomotor siswa tidak aktif dengan pembelajaran *inkuiri* hendaknya menggunakan model lain yang serupa dan sederhana seperti *Discovery Learning (DL)*. Alasan tidak meneruskan untuk menggunakan *inkuiri* karena kelas VII SMP merupakan peralihan dari SD. Selain itu, *inkuiri* yang dilakukan guru sebelumnya lebih tinggi tingkatannya dari model DL. Pernyataan ini didukung oleh penelitian yang menyatakan *inkuiri* adalah suatu perluasan proses-proses *discovery* yang digunakan dengan cara lebih dewasa (Prathama et al.,

2021). Sebagai tambahan pada proses-proses *discovery*, *inkuiri* mengandung proses-proses mental yang lebih tinggi tingkatannya, misalnya merumuskan problema sendiri, merancang eksperimen, melakukan eksperimen, mengumpulkan dan menganalisis data, menarik kesimpulan, mempunyai sikap-sikap obyektif, jujur, hasrat ingin tahu, terbuka, dan sebagainya.

Selain itu, jika dilihat dari analisis kesulitan materi, penelitian menunjukkan bahwa terdapat 4 karakteristik kesulitan dalam mempelajari materi jaringan tumbuhan dan jaringan hewan, antara lain 1) kesulitan membedakan jenis, 2) kesulitan memahami fungsi, 3) kesulitan memahami hubungan antara jenis dan 4) fungsi materi jaringan hewan dan jaringan tumbuhan (Kusumawati et al., 2016). Pendapat ini sejalan dengan hasil penelitian yang menyatakan kesulitan siswa dalam memahami materi jaringan tumbuhan dan jaringan hewan terletak pada banyaknya istilah asing, sulitnya membedakan jenis dan fungsi jaringan seperti contoh epitel dan jaringan otot (Anggani et al., 2016). Kesulitan dalam memahami materi jenis jaringan tumbuhan dan hewan, ditambah dengan pengalaman belajar yang kurang tepat, berdampak pada rendahnya hasil belajar dan penguasaan materi pada siswa, maka perlunya pembelajaran yang mendorong aktif siswa dalam kegiatan penemuan, agar siswa mampu membedakan jenis, memahami fungsi, serta memahami hubungan antara jenis dan fungsi.

Berdasarkan *literatur review* tentang model dan karakteristik materi tersebut, maka model pembelajaran yang cocok adalah model DL. Hal ini didukung oleh penelitian yang menyatakan model DL dianggap cocok dengan materi jaringan hewan dan jaringan tumbuhan, karena sifatnya yang sesuai dengan pendekatan saintifik, seperti kemampuan bertanya, mengumpulkan informasi, mengolah informasi dan kesimpulan berdasarkan data sehingga dapat menemukan hubungan antar variabel atau menguji hipotesis yang diberikan (Sani, 2014). Sejalan dengan penelitian yang menyimpulkan bahwa model DL efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa

artinya dapat menjawab permasalahan yang dihadapi siswa pada materi jaringan hewan dan tumbuhan (Ariana et al., 2020). Model DL adalah model yang mengajarkan para siswa untuk menemukan secara mandiri mengenai pengetahuan yang disampaikan (Rahayu & Hardini, 2019). DL digunakan untuk menjawab permasalahan KPS dengan rangkaian kegiatan pembelajarannya yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan peserta didik untuk mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, dan logis, sehingga mereka dapat menemukan sendiri pengetahuan, sikap, dan keterampilan sebagai wujud adanya perubahan perilaku. Hal ini didukung oleh pendapat yang menyatakan DL adalah model mengajar yang dilaksanakan oleh guru dengan cara mengatur proses belajar dengan sedemikian rupa sehingga siswa mendapatkan pengetahuan yang sebelumnya belum diketahui (Rejeki, 2021).

Hasil kajian tambahan juga menunjukkan pola efektifitas DL dalam meningkatkan pemahaman materi jaringan hewan dan tumbuhan. DL efektif meningkatkan kualitas pembelajaran IPA pada materi jaringan hewan dan tumbuhan karena mampu memperbaiki hasil belajar, keterlibatan siswa, literasi sains, serta mutu bahan ajar yang digunakan dalam proses pembelajaran (Ariana et al., 2020; Manik & Harahap, 2021). Pada materi jaringan hewan, penerapan DL terbukti meningkatkan hasil belajar siswa di kelas secara signifikan, baik melalui implementasi langsung di sekolah maupun melalui model *discovery blended learning* yang memadukan pembelajaran dengan media digital, sehingga pembelajaran menjadi lebih aktif dan efektif (Septiani & Anggraito, 2023). Pada materi jaringan tumbuhan, DL juga terbukti mampu meningkatkan hasil belajar kognitif, aktivitas belajar, dan literasi sains, sekaligus mendukung pengembangan modul dan LKS yang layak serta praktis untuk digunakan dalam pembelajaran biologi (Ariana et al., 2020; Dukomalamo & Bahtiar, 2019). Dengan demikian, dapat dirangkum bahwa DL bukan hanya membantu siswa memahami konsep jaringan hewan dan tumbuhan secara lebih mendalam, tetapi juga menjadikan

pembelajaran lebih bermakna, kontekstual, dan berpusat pada aktivitas penemuan siswa, sehingga layak direkomendasikan sebagai model pembelajaran pada materi biologi yang bersifat konseptual dan abstrak (Septiani & Anggraito, 2023).

Penggunaan model DL tidak bisa maksimal jika dihadapkan dengan keterbatasan waktu pembelajaran. Pembelajaran tidak bisa efektif melayani seluruh siswa dengan pembatasan waktu. Secara konseptual era teknologi pembelajaran, banyak menawarkan alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan itu. Salah satu solusi adalah dengan penerapan pendekatan *flipped classroom* (FC).

FC adalah pendekatan pembelajaran yang mendorong siswa untuk mempelajari materi sesuai dengan tugas yang diberikan oleh guru di rumah terlebih dahulu sebelum belajar di kelas (Agustini, 2021). Pendekatan pembelajaran dengan FC menjadi solusi yang efektif untuk diterapkan pada pembelajaran tatap muka terbatas. Pernyataan ini didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa pelaksanaan tatap muka terbatas dapat dilaksanakan secara *online* dan *offline* (Permatasari & Muda, 2021). Pembelajaran FC dapat menjadi salah satu alternatif solusi dalam melaksanakan pembelajaran tatap muka terbatas. Selain itu, FC merupakan pendekatan pembelajaran yang diciptakan untuk era penggunaan teknologi dan dapat diadaptasikan pada pembelajaran modern (Yulianti & Wulandari, 2021).

Kajian tambahan juga menunjukkan bahwa FC merupakan pendekatan pembelajaran yang sangat relevan di era digital karena memindahkan penyampaian materi ke luar kelas melalui teknologi seperti video, sistem manajemen pembelajaran, dan platform digital, sementara waktu tatap muka digunakan untuk diskusi, pemecahan masalah, kolaborasi, dan aktivitas belajar aktif yang lebih mendalam. Hal ini ditunjukkan oleh Zheng (Zheng et al., 2020) yang menemukan bahwa *technology-enhanced FC* efektif, skalabel, dan lebih memotivasi dibandingkan pendekatan berbasis simulasi, serta oleh Cheng (2019) yang melalui meta-analisis melaporkan adanya pengaruh positif FC yang signifikan

terhadap hasil belajar kognitif siswa. Temuan tersebut diperkuat oleh Låg & Sæle (2019) yang menunjukkan bahwa FC memberikan dampak positif kecil tetapi konsisten terhadap hasil belajar dan kepuasan siswa, serta oleh Al-Samarraie et al. (2020) yang menegaskan bahwa model ini bermanfaat dalam meningkatkan keterlibatan, metakognisi, sikap, performa, pemahaman, dan capaian belajar mahasiswa di berbagai disiplin ilmu, meskipun implementasinya masih menghadapi tantangan seperti durasi materi digital dan kesiapan dosen maupun mahasiswa. Lebih lanjut, Shen & Chang (2023) menunjukkan bahwa penerapan FC berbantuan platform digital mampu mendorong *deeper learning* dan kompetensi belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelas tradisional. Dengan demikian, FC dapat dipahami bukan sekadar sebagai tren pedagogis, tetapi sebagai strategi pembelajaran berbasis teknologi yang potensial untuk mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran modern (Al-Samarraie et al., 2020; Cheng et al., 2019; Shen & Chang, 2023).

Selain dari pendekatan FC, penelitian ini juga menggunakan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) untuk menambahkan kebaruan penelitian. Pendekatan STEM sangat penting dalam pembelajaran abad 21 karena mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk menghadapi tantangan global (Anggraini & Huzaifah, 2017; Mu'minah, 2021). STEM mendorong berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan memecahkan masalah melalui metode interdisipliner (Anggraini & Huzaifah, 2017). Pendekatan ini juga menumbuhkan literasi sains dan teknologi yang esensial untuk kehidupan modern, sehingga dapat mempersiapkan siswa untuk pekerjaan masa depan yang berbasis teknologi dan inovasi (Afriana et al., 2016). Selain itu, STEM membantu menciptakan generasi yang adaptif, mampu berinovasi, dan siap berkontribusi pada kemajuan masyarakat.

Kajian tambahan juga menunjukkan bahwa pendekatan STEM berperan penting dalam pembelajaran sains karena tidak hanya memperkuat penguasaan konsep, tetapi juga

mengembangkan *STEM literacy*, keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, dan keterkaitan pembelajaran dengan konteks dunia nyata (Falloon et al., 2020; Roehrig et al., 2021). Selain itu, implementasi STEM yang terintegrasi melalui *engineering design, authentic problems*, dan penggabungan konten lintas disiplin terbukti menjadi ciri utama pembelajaran sains yang lebih bermakna dan aplikatif, khususnya pada tingkat K-12 (McLure et al., 2022; Roehrig et al., 2021). Dari sisi hasil belajar, bukti empiris menunjukkan bahwa STEM dapat meningkatkan prestasi belajar siswa, termasuk melalui penggunaan *digital game-based STEM education* yang memberikan efek positif moderat terhadap capaian belajar (Wang et al., 2022). Lebih lanjut, integrasi STEM/STEAM dalam pembelajaran sains juga terbukti mendukung pemerataan kesempatan belajar, karena pendekatan *STEAM-first* memberikan peningkatan hasil belajar sains yang lebih baik, terutama bagi siswa bilingual atau emerging bilingual learners (Hughes et al., 2022). Dengan demikian, kelima artikel tersebut menegaskan bahwa STEM merupakan pendekatan strategis dalam pembelajaran sains karena mampu menghubungkan teori dengan praktik, meningkatkan hasil belajar, dan mendukung pembelajaran yang lebih inklusif serta relevan dengan tuntutan abad ke-21 (Falloon et al., 2020; Hughes et al., 2022; McLure et al., 2022).

Berdasarkan uraian di atas, dirasakan perlunya sebuah model pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran yang relevan dengan era pembelajaran digital. Maka dari itu, model pembelajaran dan pendekatan yang dipilih adalah model DL berbasis FC dengan pendekatan STEM. Kajian penelitian terdahulu juga menunjukkan penelitian perpaduan model DL dengan FC dan STEM pada materi IPA dalam meningkatkan KPS dasar masih jarang diteliti di Indonesia terutama dalam 5 tahun terakhir. Hal ini menjadi dasar kebaruan variable dalam penelitian ini.

Selain kebaruan dari sisi model dan pendekatan pembelajaran, penelitian ini juga akan menggunakan pendekatan analisis yang berbeda. Hal ini dikarenakan, pertama, uji t

mengungkap hasil peningkatan siswa secara *group-centered statistics* yang sifatnya umum dan sangat terbatas. Keterbatasan ini dimulai dari pernyataan Fisher (2018), psikologi sangat rentan terhadap *ecological fallacy*, karena variansi dalam individu sering kali jauh lebih besar daripada variansi antarindividu (Fisher et al., 2018). Pandangan ini kemudian diperkuat melalui paradigma *person-specific*, yang menekankan bahwa efek kelompok tersebut sering kali hanya merepresentasikan minoritas partisipan, bahkan ada kasus tidak satu pun individu menunjukkan pola “rata-rata” tersebut (McManus et al., 2023). Melihat keterbatasan ini maka diperlukan pendekatan analisis statistik yang bisa mengarah pada *individual-centered statistics*. Uji t tidak membahas detail perkembangan substansi per individu, namun eksplorasi individu sangat diperlukan untuk melihat individu mana yang berhasil meningkat dari *pre* ke *post test*, dan item mana yang berubah tingkat kesulitannya ketika *pre* dan *post*. Kedua, penggunaan analisis statistika parametrik (uji t) dalam jenis data ordinal masih sering digunakan. Padahal kesalahan ini merupakan kesalahan fatal dalam interpretasi hasil penelitian (Kuzon et al., 1996).

Berdasarkan hasil kajian literatur ini, maka solusi kebaruan teknik analisis data deskriptif yang ditawarkan adalah penggunaan permodelan Rasch. Permodelan Rasch mampu mentransformasikan jenis data ordinal ke interval sehingga layak digunakan untuk analisis statistika parametrik (Wright, 1977; Wright & Stone, 1979) Lalu, teknik analisis data *racking* dan *stacking* dapat menjadi solusi dalam mengeksplorasi *individual-centred statistics* dan mampu mengeksplorasi perubahan siswa dan soal

saat *pre* dan *post test* (Wright, 2003). Penelitian di Indonesia yang mengangkat *racking* dan *stacking* juga masih jarang di Indonesia, penelitian yang terekam di jurnal bereputasi dan banyak disitasi adalah penelitian pengukuran perubahan konseptual siswa pada mata pelajaran kimia (Laliyo et al., 2022).

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini tentunya akan ditinjau dengan pendekatan analisis *racking* dan *stacking*. Teknik analisis data yang ditawarkan juga menjadi kebaruan tersendiri dalam penelitian ini. Maka dari itu, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah apakah terdapat pengaruh DL berbasis FC dan STEM dalam meningkatkan KPS dasar dalam sudut pandang pendekatan *racking & stacking* permodelan rasch? Harapan dari penelitian ini semoga dapat menjadi alternatif riset pembelajaran yang komperhensif dan menjadi alternatif baru di masa depan.

Metode

Jenis Penelitian

Metode penelitian menggunakan pra eksperimen dengan desain *one grup pre-test-postest* (Creswell, 2014). Populasi dalam penelitian ini seluruh siswa kelas VII di salah satu SMP di Palembang. Pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dengan jumlah 30 siswa (Creswell, 2014). Waktu penelitian April 2022.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian menggunakan lembar soal jenis pilihan berganda. Indikator KPS dasar berbasis pada 11 indikator (Semiawan, 1989). Soal berjumlah 14 item dengan rincian dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Konstruk Instrumen KPS Dasar

	Aspek KPS Dasar	Soal
1	Mengamati (ME)	1, 2
2	Mengelompokkan (MO)	3
3	Menafsirkan (MN)	4
4	Meramalkan (MR)	5
5	Mengajukan Pertanyaan (MP)	6
6	Merumuskan Hipotesis (MH)	7
7	Menyimpulkan (MY)	8
8	Merencanakan Percobaan (MC)	9, 12
9	Menggunakan Alat dan Bahan (MA)	10

Aspek KPS Dasar		Soal
10	Menerapkan Konsep (MK)	11
11	Mengkomunikasikan (MI)	13, 14

Sebelum digunakan untuk penelitian, instrumen dilakukan *pilot test*. Proses kalibrasi instrumen ini diujikan kepada 30 siswa dan hasil pengujian dianalisis menggunakan permodelan rasch.

Hasil *pilot tes* instrumen KPS dasar menunjukkan bahwa instrumen sudah layak untuk digunakan.

Tabel 2. Hasil *Pilot Test*

<i>Psychometric attribute</i>	<i>Value</i>
<i>Raw variance explained by measures</i>	40.6%
<i>Unexplained variance</i>	<15%
<i>Cronbach's alpha</i>	0.74
<i>Person reliability</i>	0.70
<i>Person separation</i>	1.54
<i>Item reliability</i>	0.87
<i>Item separation</i>	2.59

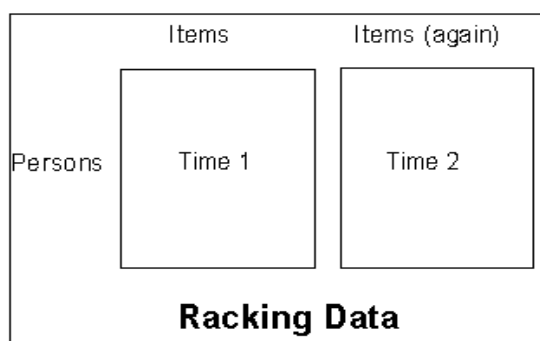
Berdasarkan Tabel 2 *raw variance explained by measures* menunjukkan angka sebesar 40.6%. Nilai ini melebihi ambang batas unidimensionalitas 40%. Ini menunjukkan bahwa instrumen memiliki karakteristik sifat unidimensional yang baik dan ini dapat menjadi aspek penting untuk keakuratan pengukuran terhadap suatu dimensi. *Unexplained variance* menunjukkan angka sebesar <15%. Ini menunjukkan bahwa instrumen tidak terindikasi noise dari dimensi yang lain. *Cronbach's alpha* sebesar 0.74 menunjukkan bahwa konsistensi internal antara siswa dan item sangat baik. *Person reliability* sebesar 0.70 menunjukkan bahwa kondisi siswa saat pilot tes memiliki

reliabilitas yang baik. *Person separation* sebesar 1.54 menunjukkan bahwa instrumen dapat mendifrensiasi abilitas siswa dengan baik. *Item reliability* sebesar 0.87 menunjukkan bahwa instrumen memiliki reliabilitas yang sangat baik. *Item separation* sebesar 2.59 menunjukkan bahwa instrumen dapat mendifrensiasi abilitas aitem kedalam beberapa kategori tingkatan. Hal ini menjadi indikasi yang baik untuk mendukung realibilitas suatu instrumen

Analisis Data

Data tes yang bersifat ordinal ditransformasikan ke jenis data interval menggunakan permodelan Rasch dengan bantuan Winstep 3.73. Transformasi ini agar data layak digunakan untuk analisis statistika parametrik (Kuzon et al., 1996). Analisis data menggunakan *paired sample t-test* dengan bantuan SPSS 24 yang didalami menggunakan pendekatan *racking* dan *stacking rasch* model dengan bantuan Winstep 3.73.

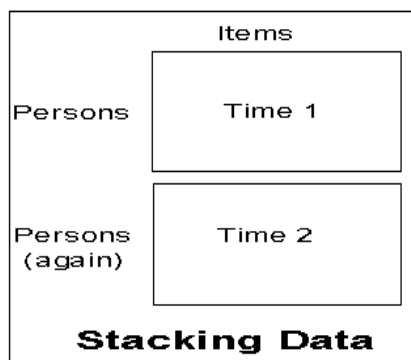
Racking bertujuan untuk menunjukan perubahan yang terjadi pada tingkat kesulitan soal sebelum dan sesudah perlakuan. *Racking* dilakukan dengan cara menempatkan data digabungkan secara horizontal lalu membandingkan dari item yang sama (Wright, 2003). Data *racking* yang dibandingkan adalah data skala *logaritma odd unit (Logit) item (LVI)* hasil pengolahan permodelan Rasch. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Prosedur Analisis *Racking Data* (Wright, 2003)

Stacking dilakukan untuk menunjukkan perubahan yang terjadi pada tingkat individu/siswa sebelum dan sesudah perlakuan. *Stacking* dilakukan dengan cara menempatkan data digabungkan secara vertikal lalu membandingkan data dari orang

yang sama (Wright, 2003). Data *stacking* yang dibandingkan adalah data skala *logaritma odd unit (Logit) person (LVP)* hasil pengolahan permodelan Rasch. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Prosedur Analisis *Stacking Data* (Wright, 2003).

Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Hipotesis

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis melalui *paired sample t-test*, data hasil pengukuran KPS dasar yang masih

bersifat data ordinal dikonversikan ke dalam data interval melalui *logaritma odd unit (logit)* permodelan Rasch. Hal ini bertujuan agar jenis data yang digunakan di statistika parametrik layak untuk digunakan.

Tabel 3. Hasil Uji Hipotesis (n=30)

<i>LVP* pre-test mean (range)</i>	<i>LVP* post-test mean (range)</i>	<i>Difference</i>	<i>t</i>
0.3573 (-1.87 hingga 0.96)	0.6317 (-0.29 hingga 1.86)	< 0.000	6.432

*LVP (*Logit Value Person*)

Berdasarkan Tabel 3 hasil signifikansi 0.000 yang kurang dari 0.05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai pengetahuan KPS siswa sebelum pembelajaran dan sesudah pembelajaran. Adanya peningkatan ini juga terlihat dari perbedaan LVP *pre-test* (0.3573) dengan LVP *post-test* (0.6317). Lalu *range* juga menunjukkan adanya perubahan ke arah positif. Saat *pre-test* nilai terendah dimulai dari -8.87 namun saat *post-test* sudah berubah dimulai dari -0.29. Saat *pre-test* nilai terbesar hanya 0.96 namun saat *post-test* sudah mengalami peningkatan sebesar 1.86. Beberapa indikasi ini menunjukkan penguatan terhadap adanya peningkatan KPS dasar.

Namun temuan uji *t* memiliki kelemahan yang bersifat *group-centered*

statistics. Kelemahan dari hasil uji *t* adalah belum mampu untuk mendeskripsikan soal mana saja yang mengalami perubahan tingkat kesulitan dari sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan. Lalu siswa mana saja yang mengalami perubahan KPS sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan. Oleh sebab itu, hasil pengujian ini ditindaklanjuti menggunakan *racking & stacking*. Teknik ini untuk memperdalam temuan *individual-centered statistics*.

Hasil Racking

Racking dilakukan untuk menunjukkan perubahan yang terjadi pada tingkat kesulitan soal sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 4. Perubahan Tingkat Kesukaran Item saat *Pre-test* dan *Post-test*

No Aitem	LVI* <i>Pre-Test</i>	LVI* <i>Post-Test</i>	Perbedaan Logit Item	Keterangan
1	-0.12	-2.62	2.5	Sukar ke Mudah
2	0.02	-1.55	1.57	Sukar ke Mudah
3	0.61	-0.27	0.88	Sukar ke Mudah
4	1.26	0.17	1.09	Sukar ke Mudah
5	0.31	-0.27	0.58	Sukar ke Mudah
6	0.74	-0.27	1.01	Sukar ke Mudah
7	0.17	-0.12	0.29	Sukar ke Mudah
8	0.17	-0.43	0.6	Sukar ke Mudah
9	-0.12	-0.27	0.15	Sukar ke Mudah
10	0.61	-0.43	1.04	Sukar ke Mudah
11	0.61	-0.12	0.73	Sukar ke Mudah
12	1.09	0.02	1.07	Sukar ke Mudah
13	0.61	-0.12	0.73	Sukar ke Mudah
14	1.09	-0.75	1.84	Sukar ke Mudah

*LVI (*Logit Value Item*)

Hasil analisis menunjukkan bahwa semua aitem soal KPS (14 item) mengalami perubahan tingkat kesukaran dari yang awalnya sulit dijawab oleh siswa menjadi mudah dijawab oleh siswa. Hal ini ditunjukkan pola perubahan logit aitem dari paling positif/besar ke logit paling negatif/kecil. LVI positif menunjukkan soal sulit untuk dijawab lalu LVI negatif menunjukkan soal mudah dijawab. Soal yang paling signifikan mengalami perubahan tingkat kesukaran adalah soal nomor 1 tentang mengamati jaringan, dimana selisih LVI pre-pos tesnya sebesar 2.5. Lalu, soal yang paling sedikit mengalami perubahan adalah soal nomor 9 tentang merencanakan percobaan, dimana selisih LVI pre-pos tesnya sebesar 0.15. Hal ini dapat lebih jelas jika dilihat pada gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 diperoleh informasi bahwa rerata logit item saat *pre-test* lebih besar daripada rerata logit aitem saat *post-test* ini menunjukkan bahwa siswa mengalami perubahan konsep dari yang awalnya sukar untuk menjawab soal *pre-test* menjadi lebih mudah saat menjawab soal *post-test*.

Soal nomor 4 pada mulanya adalah soal yang paling sulit untuk dijawab saat *pre-test* hal ini ditunjukkan oleh LVI sebesar 1.26, setelah diberikan perlakuan soal tersebut mengalami perubahan tingkat kesukaran

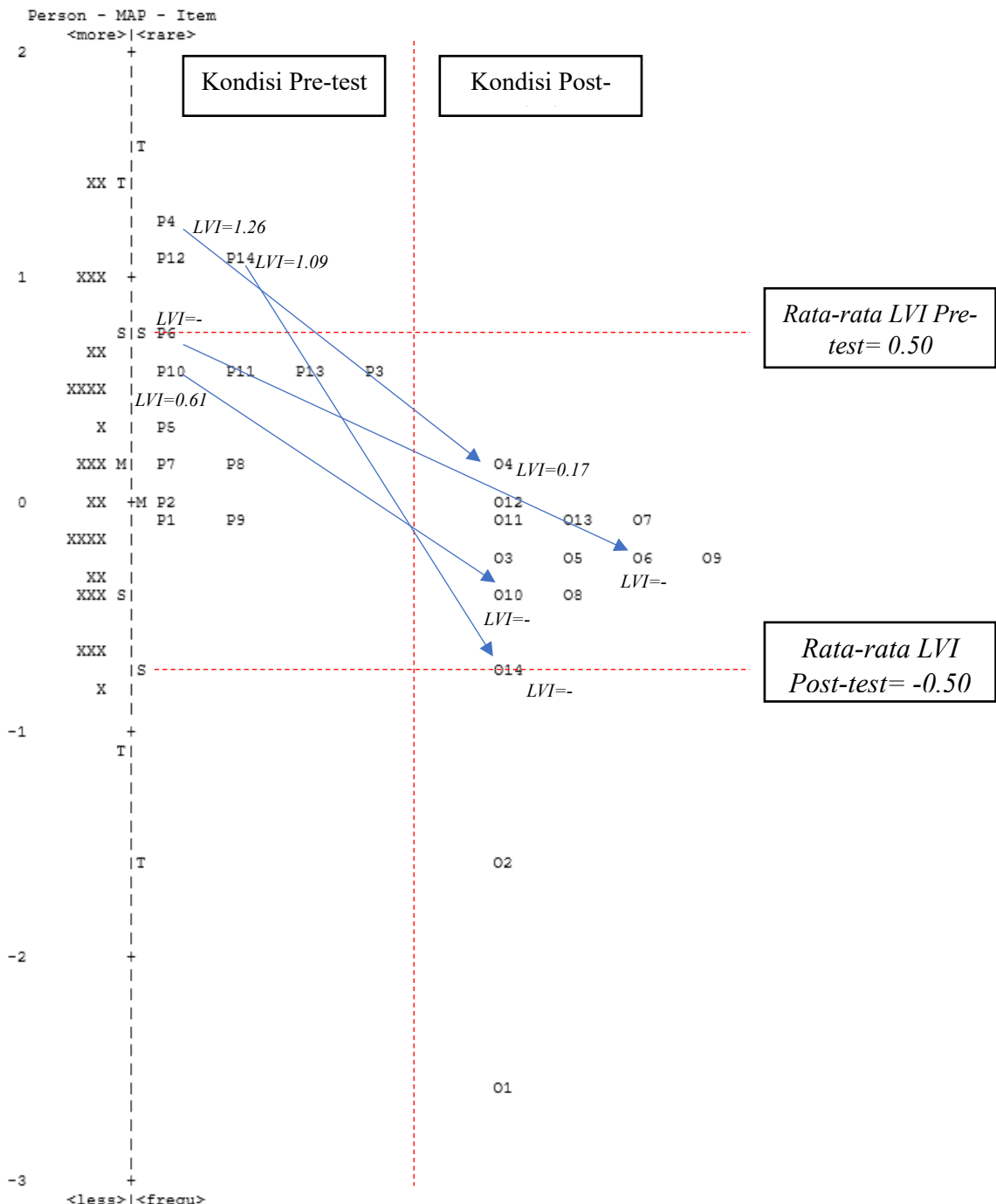
menjadi lebih mudah untuk dijawab yang ditunjukkan dengan adanya penurunan nilai LVI sebesar 0.17. Soal nomor 4 termasuk ke dalam aspek menafsirkan tentang kondisi yang akan dialami oleh seseorang jika fungsi jaringan otot mengalami gangguan. Artinya model DL dapat mengarahkan siswa untuk menemukan konsep atau prinsip pembelajaran secara mandiri. Berbeda dengan pendekatan yang selalu mengandalkan informasi dari guru, DL mengajarkan siswa untuk mengidentifikasi hal yang ingin diketahui dengan mencari informasi sendiri, kemudian menyusun atau membentuk apa yang sudah diketahui dan dipahami ke dalam bentuk akhir. Melalui pengalaman langsung, siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif.

Model ini memaksimalkan potensi peserta didik untuk belajar mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, dan logis, sehingga mereka dapat menemukan pengetahuan serta pengalaman secara mandiri. Oleh karena itu, DL dapat membantu siswa menggali kemampuan menafsirkan dengan lebih baik.

Temuan yang menarik lainnya adalah soal 14, saat *pre-test* soal 14 merupakan soal tersulit kedua dengan LVI sebesar 1.09 namun setelah *post-test* menjadi 3 soal paling

mudah dijawab dengan LVI sebesar -0.75. Soal 14 termasuk kedalam aspek mengkomunikasikan tentang mengevaluasi hasil paparan peta konsep jaringan hewan yang sudah disusun. Kondisi yang sama juga

terjadi pada soal nomor 6 dan 10. Soal nomor 6 termasuk ke dalam aspek mengajukan pertanyaan dan soal nomor 10 tentang menggunakan alat dan bahan.



Gambar 4. Peta Racking

Kondisi ini menunjukkan bahwa perlakuan DL dapat meningkatkan secara signifikan untuk indikator KPS menafsirkan,

mengkomunikasikan, mengajukan pertanyaan, dan penggunaan alat dan bahan. Artinya model DL membuat siswa aktif terlibat dalam

menemukan pengetahuan. Mereka mencari informasi sendiri, berdiskusi, dan berpartisipasi dalam proses belajar. Aktivitas ini mendorong siswa untuk berbicara, berinteraksi, dan berkomunikasi dengan baik. Melalui DL, pengetahuan yang ditemukan sendiri oleh siswa melalui proses kognitif akan masuk ke memori jangka panjang. Ini berarti pengetahuan yang dipelajari akan lebih tahan lama dalam ingatan mereka. Selain itu, siswa juga harus menyelidiki, menganalisis, dan menghubungkan informasi, sehingga mengasah kemampuan berpikir sistematis dan logis. Semua ini relevan dalam mengajukan pertanyaan dan

menggunakan alat serta bahan. Ketika siswa mengalami konsep dan prinsip pembelajaran secara langsung melalui eksperimen, observasi, atau tugas, siswa memperkaya pemahaman dan keterampilan komunikasi mereka. Jadi, DL membantu siswa mengembangkan keterampilan komunikasi, berpikir kritis, dan penggunaan alat serta bahan dengan lebih baik.

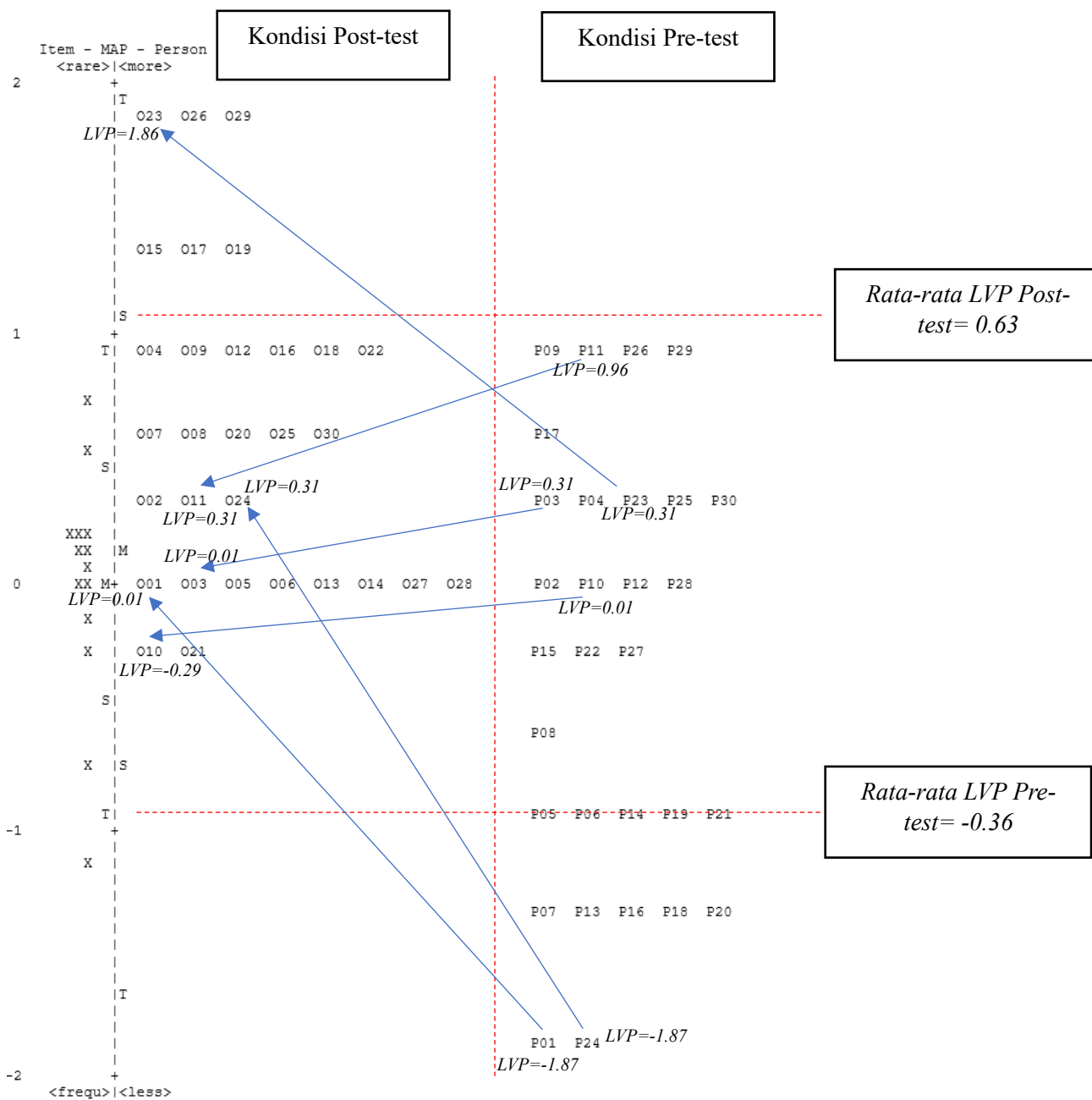
Hasil Stacking

Stacking dilakukan untuk menunjukkan perubahan yang terjadi pada tingkat individu/siswa sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 5. *Stacking Pre-Post Test Siswa*

Person	LVP* Pre Test	LVP* Post Test	Selisih	Keterangan
1	-1.87	0.01	1.88	Peningkatan KPS
2	0.01	0.31	0.3	Peningkatan KPS
3	0.31	0.01	-0.3	Penurunan KPS
4	0.31	0.96	0.65	Peningkatan KPS
5	-0.95	0.01	0.96	Peningkatan KPS
6	-0.95	0.01	0.96	Peningkatan KPS
7	-1.36	0.62	1.98	Peningkatan KPS
8	-0.61	0.62	1.23	Peningkatan KPS
9	0.96	0.96	0	Tetap
10	0.01	-0.29	-0.3	Penurunan KPS
11	0.96	0.31	-0.65	Penurunan KPS
12	0.01	0.96	0.95	Peningkatan KPS
13	-1.36	0.01	1.37	Peningkatan KPS
14	-0.95	0.01	0.96	Peningkatan KPS
15	-0.29	1.36	1.65	Peningkatan KPS
16	-1.36	0.96	2.32	Peningkatan KPS
17	0.62	1.36	0.74	Peningkatan KPS
18	-1.36	0.96	2.32	Peningkatan KPS
19	-0.95	1.36	2.31	Peningkatan KPS
20	-1.36	0.62	1.98	Peningkatan KPS
21	-0.95	-0.29	0.66	Peningkatan KPS
22	-0.29	0.96	1.25	Peningkatan KPS
23	0.31	1.86	1.55	Peningkatan KPS
24	-1.87	0.31	2.18	Peningkatan KPS
25	0.31	0.62	0.31	Peningkatan KPS
26	0.96	1.86	0.9	Peningkatan KPS
27	-0.29	0.01	0.3	Peningkatan KPS
28	0.01	0.01	0	Tetap
29	0.96	1.86	0.9	Peningkatan KPS
30	0.31	0.62	0.31	Peningkatan KPS

*LVP (*Logit Value Person*)



Gambar 5. Peta Stacking

Hasil *stacking* menunjukkan bahwa setelah diberikan perlakuan ada 25 siswa yang mengalami peningkatan KPS, ada 3 siswa yang mengalami penurunan kemampuan KPS dan ada juga 2 siswa kondisinya KPSnya tetap. Ini menunjukkan bahwa meskipun DL dan FC mampu meningkatkan secara keseluruhan rerata nilai KPS namun di tingkat individu masih ditemukan beberapa siswa yang belum mengalami perubahan. Lantas, apa yang

menyebabkan hal itu terjadi, hal ini dapat lebih jelas jika dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 sebanyak 25 orang siswa mengalami peningkatan KPS, 3 orang siswa mengalami penurunan KPS dan 2 orang dalam kondisi KPS tetap. Temuan yang menarik adalah pada saat *pre-test* siswa 23 bukanlah siswa tertinggi (LVP= 0.31) namun pada saat *post-test* siswa 23 (LVP= 1.86) berhasil meningkat menjadi siswa paling tinggi. Untuk melihat konsep dan

aspek KPS apa saja yang berhasil dipahami oleh siswa 23, dapat ditelusuri melalui Guttman Scalogram Gambar 6.

Person	Item	
		1 1 111
		12985703461324
23	+01111100011010	P23 (Kondisi jawaban siswa 23 saat <i>pre-test</i>)
23	+01111111111110	O23 (Kondisi jawaban siswa 23 saat <i>post-test</i>)

Gambar 6. Hasil *Scalogram* Siswa 23

Scalogram sudah mengurutkan soal dari yang mudah ke susah di jawab oleh siswa. Saat *pre-test* siswa 23 tidak dapat menjawab soal sulit ke tiga (soal 13) dan soal sulit ke enam (soal 14), namun saat *post-test* siswa mampu menjawab kedua tersebut. Soal nomor 13 dan 14 merupakan soal yang termasuk katagori KPS mengkomunikasikan. Soal 13 tentang mengkomunikasikan tingkat organisasi kehidupan dan soal 14 tentang mengevaluasi hasil paparan peta konsep jaringan hewan yang sudah disusun. Kondisi ini menunjukkan bahwa ada keberhasilan perlakuan dalam meningkatkan aspek KPS (mengkomunikasikan). Hal ini disebabkan karena DL memiliki sintaks pengumpulan data, pengolahan data, dan veirifikasi yang mendorong siswa untuk aktif berdiskusi dan mengasah kemampuan mengkomunikasikan.

Lalu siswa 23 saat *post-test* juga dapat menjawab soal nomor 3 dan 10. Soal nomor

3 termasuk ke dalam aspek mengelompokkan tentang struktur jaringan daun. Soal nomor 10 termasuk ke dalam aspek menggunakan alat dan bahan tentang langkah-langkah dalam menggunakan mikroskop saat praktikum pengamatan jaringan otot. Kondisi ini menunjukkan bahwa ada keberhasilan model DL dengan FC dalam meningkatkan aspek KPS (mengelompokkan dan menggunakan alat & bahan). Hal ini disebabkan karena saat proses pembelajaran DL memiliki sintaks mengumpulkan data yang berperan dalam mengelompokkan dan menggunakan alat & bahan praktikum.

Kondisi yang sama juga terjadi pada siswa 1 dan 24, mereka berdua pada mulanya berada di posisi paling bawah saat *pre-test* (LVP 1 & 24 = -1.87) namun pada saat *post-test* meningkat (LVP Siswa 1= 0.01 dan LVP Siswa 24= 0.31).

Person	Item	
		1 1 111
		12985703461324
1	+00100000000001	P01 (Kondisi jawaban siswa 01 saat <i>pre-test</i>)
1	+11111000101000	O01 (Kondisi jawaban siswa 01 saat <i>post-test</i>)

Gambar 7. Hasil *Scalogram* Siswa 01

Saat *pre-test* siswa 01 hanya bisa menjawab 2 soal yakni soal nomor 9 yang terkatagori soal mudah ke tiga dan soal nomor 4 yang terkatagori soal paling sulit. Ada indikasi bahwa siswa nomor 01 bisa menjawab soal nomor 4 dengan tebak-tebakkan karena jika kemampuan siswa 01 konsisten, mestinya siswa 01 banyak menjawab soal yang tingkatnya mudah. Saat *pre-test* soal nomor 1, 2, 8, dan 5 yang tergolong mudah dijawab bahkan tidak bisa dijawab oleh siswa 01. Saat *post-test* abilitas siswa 01 mengalami peningkatan meskipun hanya bisa menjawab soal yang tergolong

mudah (soal 1, 2, 9, 8, 5). Selain itu, pola jawaban siswa 01 saat *post-test* dominan tergolong konsisten.

Soal nomor 1 & 2 termasuk ke dalam aspek KPS mengamati. Soal nomor 1 tentang pengamatan gambar jaringan tumbuhan, dan soal nomor 2 tentang pengamatan ciri jaringan hewan. Keberhasilan siswa 01 dalam menjawab soal 1 & 2 menunjukkan bahwa adanya peningkatkan KPS siswa pada aspek mengamati. Hal ini dikarenakan karena saat proses pembelajaran DL memiliki sintaks mengamati yang berperan dalam peningkatkan kemampuan mengamati.

Model DL, siswa dapat meningkatkan kemampuan mengamati karena pendekatan ini memungkinkan mereka untuk aktif terlibat dalam proses pembelajaran dan eksplorasi. Model DL siswa terlibat aktif, dan mengalami peningkatan keterampilan berpikir kritis. Melalui kegiatan mengamati secara langsung, siswa mengembangkan kemampuan mengamati dengan lebih baik.

Soal nomor 5 termasuk ke dalam aspek KPS meramalkan. Soal nomor 5 tentang menebak kondisi suatu organ jika fungsi jaringan tertentu mengalami gangguan. Keberhasilan siswa 01 dalam menjawab soal 5 menunjukkan bahwa adanya peningkatan KPS siswa pada aspek meramalkan. Hal ini dikarenakan model DL memungkinkan siswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran dan eksplorasi. Berbeda dengan model konvensional, pendekatan ini berpusat pada peserta didik, bukan guru. Siswa mengalami konsep langsung melalui tindakan, eksperimen, dan observasi, memperkaya pemahaman dan keterampilan meramalkan. Keterlibatan aktif dan pengembangan kemampuan berpikir kritis juga berkontribusi pada hasil yang lebih baik.

Soal nomor 8 termasuk ke dalam aspek KPS menyimpulkan. Soal nomor 8 tentang menyimpulkan jenis jaringan berdasarkan ciri-ciri yang diperoleh saat praktikum. Keberhasilan siswa 01 dalam menjawab soal

8 menunjukkan bahwa adanya peningkatan KPS siswa pada aspek menyimpulkan. Hal ini dikarenakan karena model DL, siswa secara aktif terlibat dalam menemukan informasi sendiri, mengalami konsep secara langsung melalui tindakan, dan menghubungkan fakta. Semua ini berkontribusi pada penguasaan pemahaman dan keterampilan menyimpulkan. Oleh karena itu, penerapan DL dapat membantu siswa mengembangkan kemampuan menyimpulkan dengan lebih baik.

Soal nomor 9 masuk ke dalam aspek KPS menggunakan alat dan bahan. Soal nomor 9 tentang mengurutkan alat yang akan digunakan saat pengamatan jaringan tumbuhan *Hibiscus rosa-sinensis*. Keberhasilan siswa 01 dalam menjawab soal 9 menunjukkan bahwa adanya peningkatan KPS siswa pada aspek menggunakan alat dan bahan. Hal ini karena saat proses pembelajaran DL memiliki sintaks melakukan penyelidikan. Model DL membuat siswa mengalami konsep pembelajaran secara langsung melalui tindakan, eksperimen, dan observasi. Pengalaman ini memperkaya pemahaman dan keterampilan penggunaan alat dan bahan praktikum. Oleh karena itu, penerapan DL dapat membantu siswa menggali kemampuan penggunaan alat dan bahan dengan lebih baik.

Person	Item
	1 1 111
	12985703461324
24	+00000101000000 P24(Kondisi jawaban siswa 24 saat <i>pre-test</i>)
24	+10101011110100 O24(Kondisi jawaban siswa 24 saat <i>post-test</i>)

Gambar 8. Hasil Scalogram Siswa 24

Selain siswa nomor 01, temuan menarik juga dilihat pada siswa 24. Saat *pre-test* siswa 24 hanya bisa menjawab soal nomor 7 dan 3, namun setelah perlakuan siswa 24 tidak hanya bisa menjawab soal yang kategori paling mudah (soal nomor 1) namun ia bisa menjawab soal nomor 13 yang merupakan soal sulit ke tiga dan soal nomor 6 yang merupakan soal sulit ke lima. Keberhasilan siswa 24 dalam menjawab soal 13 dan 6 menunjukkan bahwa siswa mengalami peningkatan KPS dalam hal

mengomunikasikan dan mengajukan pertanyaan. Hal ini dikarenakan model DL memiliki sintaks merumuskan masalah. Melalui DL, siswa mengalami konsep pembelajaran secara langsung melalui tindakan, eksperimen, dan observasi. Pengalaman ini memperkaya pemahaman dan keterampilan merumuskan masalah. Oleh karena itu, penerapan DL dapat membantu siswa menggali kemampuan merumuskan masalah dengan lebih baik.

Namun, kondisi yang berbeda terjadi pada siswa nomor 3, 10, dan 11, mereka bertiga pada saat *pre-test* berada pada golongan siswa yang bisa menjawab soal KPS dengan LVP 0.31 (Siswa 3), 0.01 (Siswa 10), dan 0.96 (Siswa 11) namun pada saat *post-test* LVP mereka bertiga mengalami

penurunan pada LVP 0.01 (Siswa 3), -0,29 (Siswa 10), dan 0,31 (Siswa 11).

Temuan yang paling signifikan adalah siswa 11, saat *pre-test* siswa 11 merupakan siswa yang tergolong siswa dengan Kemampuan KPS paling tinggi, namun saat *post-test* tidak bisa menjawab beberapa soal. Apa yang menyebabkan hal itu terjadi?

Person	Item	
		1 1 111
		12985703461324
3	+10111010000111	P03 (Kondisi jawaban siswa 11 saat <i>pre-test</i>)
3	+10101010011001	O03 (Kondisi jawaban siswa 11 saat <i>post-test</i>)

Gambar 9. Hasil Scalogram Siswa 11

Saat *pre-test* siswa bisa menjawab 3 soal tersulit yakni soal nomor 4, 12, dan 13 namun pada saat *post-test* soal nomor 12 dan 13 tidak dapat dijawab. Jika dilihat dari nilai *outfit mean square* siswa 11 sebesar 1.25 menunjukkan bahwa siswa 11 memiliki ketidak konsistenan dalam menjawab soal. Jika dilihat dari pola jawaban dimana dia bisa menjawab soal sulit saat *pre-test* namun salah saat *post-test*, mengindikasikan siswa 11 *careless/teledor*. Meskipun skor siswa 11 tinggi saat *post-test*, pola jawaban yang tidak konsisten saat pre dan post membuat siswa 11 menjadi tidak ideal.

Pengaruh Sintaks Discovery Learning Terhadap Keterampilan Proses Sains

Pada tahap orientasi (*stimulation*) dalam sintaksis DL, pembelajaran dilakukan dengan pendekatan FC melalui pembelajaran *asynchronous* di luar jam pelajaran menggunakan WhatsApp. Peneliti mengajak siswa berdiskusi dan menjelaskan materi dengan memberikan LKS (*asynchronous*), video pembelajaran, PPT, tuntunan praktikum, tugas membawa bahan praktikum, dan membagikan nama kelompok praktikum. Siswa absen menggunakan *voice note*, kemudian membaca LKS *asynchronous*, menyimak video pembelajaran dan PPT. Dalam LKS *asynchronous* terdapat instruksi untuk menjawab pertanyaan di PPT, yang mendorong siswa untuk membaca dan mencari jawaban. Ini mempengaruhi indikator KPS seperti mengamati, karena siswa dihadapkan pada permasalahan materi

jaringan hewan dan tumbuhan, yang menuntut mereka membaca dan mengidentifikasi masalah. Penelitian mendukung bahwa orientasi masalah dapat meningkatkan kemampuan mengamati siswa dalam KPS (Agustina, 2017; Aprianty et al., 2020; Aulia et al., 2021; Bahtiar et al., 2022; Hiğde & Aktamiş, 2022; Mayub et al., 2020; Purwaningsih et al., 2020; Suja et al., 2023; Yang & Valcke, 2026; Yerimadesi et al., 2023).

Pada tahap pernyataan/identifikasi masalah (*problem statement*), pembelajaran dilakukan dengan pendekatan FC melalui pembelajaran *asynchronous* di luar jam pelajaran menggunakan WhatsApp. Peneliti mengajak siswa mendiskusikan masalah di LKS *asynchronous*, merangsang mereka untuk berhipotesis, dan memberikan apresiasi bagi yang menjawab, untuk mendorong siswa lain berhipotesis juga. Guru memberi kesempatan bertanya yang akan didiskusikan di grup WhatsApp. DL ini bersifat *guided*, karena siswa SMP perlu panduan dalam prosesnya. Guru memberikan soal permasalahan untuk membantu siswa mengidentifikasi masalah, yang didukung oleh penelitian bahwa petunjuk dari guru dapat memfasilitasi siswa menemukan hasil pembelajaran. Beberapa siswa merasa *guided discovery* dengan media audiovisual menyenangkan dan efektif (Ariyani et al., 2017). Sejalan dengan penelitian yang menyatakan model ini berpusat pada siswa dan memungkinkan partisipasi aktif guru (Purwanto, 2021).

Pada tahap pengumpulan data (*data collection*), pembelajaran dilakukan dengan pendekatan FC melalui pembelajaran *synchronous* secara tatap muka. Peneliti mengajak siswa melakukan praktikum di laboratorium, membawa alat dan bahan yang ditugaskan sebelumnya. Siswa bekerja dalam kelompok, mengecek kelengkapan alat, dan melakukan praktikum dengan bimbingan guru. Mereka mengumpulkan informasi dari berbagai sumber untuk membuktikan hipotesis. Ini mempengaruhi indikator KPS melakukan percobaan dan menggunakan alat dan bahan, didukung oleh penelitian bahwa pengumpulan data dapat meningkatkan KPS (Juniardi & Nurita, 2019; Zahroh, 2016).

Pada tahap pengolahan data (*data processing*), pembelajaran dilakukan dengan pendekatan FC melalui pembelajaran *synchronous* secara tatap muka. Siswa mengolah informasi yang dikumpulkan, menafsirkannya, dan mencatat referensi di LKS *Synchronous*. Mereka mengisi soal untuk mengukur pemahaman dan menggambar hasil pengamatan mikroskopis. Data tersebut didiskusikan dalam kelompok untuk diinterpretasikan. Ini mempengaruhi indikator KPS mengelompokkan dan mengomunikasikan, didukung oleh penelitian bahwa pengolahan data dapat meningkatkan KPS (Saridewi et al., 2017; Udin et al., 2013).

Pada tahap pembuktian (*verification*), pembelajaran dilakukan dengan pendekatan FC melalui pembelajaran *synchronous* secara tatap muka. Siswa mempresentasikan hasil pengamatan dan membandingkan dengan kelompok lain, memverifikasi dengan referensi yang digunakan. Ini mempengaruhi indikator KPS menerapkan konsep, didukung oleh penelitian bahwa verifikasi dapat meningkatkan KPS (Arif & Muchlash, 2021; Rochmadona & Nurita, 2021).

Pada tahap menarik kesimpulan (*generalization*), pembelajaran dilakukan secara *Synchronous* dengan seluruh kelompok menyimpulkan hasil pengamatan dan menuliskan di LKS. Ini mempengaruhi indikator KPS menyimpulkan dan berkomunikasi, didukung oleh penelitian bahwa generalisasi dapat meningkatkan KPS (Septi et al., 2022; Yusuf, 2016).

Pengaruh Flipped Classrom (FC) terhadap Keterampilan Proses Sains (KPS)

Ketika pendekatan FC digunakan dalam pembelajaran IPA, guru dapat memaksimalkan waktu di kelas untuk kegiatan eksplorasi seperti praktikum IPA yang mendorong siswa melakukan proses ilmiah dan meningkatkan KPS. Pada pendekatan FC, materi disampaikan di rumah melalui video pembelajaran, lembar kerja siswa (LKS) *synchronous*, dan presentasi PowerPoint (PPT) yang mudah diakses dan dipelajari secara mandiri oleh siswa kapan saja dan di mana saja. Hal ini mendorong siswa untuk bertanggung jawab dan aktif dalam belajar mandiri di rumah maupun dalam kegiatan di kelas (*synchronous*). Selain itu, pendekatan FC memungkinkan siswa untuk lebih banyak berinteraksi dengan guru dan teman-temannya dalam aktivitas kelas (Ozdamli & Asiksoy, 2016; Yang & Valcke, 2026). Oleh karena itu, pendekatan FC sangat berpengaruh terhadap peningkatan KPS. Ketika materi sudah dipelajari di rumah sebelum praktikum di kelas, siswa lebih menguasai materi saat praktikum. Penelitian lain juga menyatakan bahwa model FC efektif dalam meningkatkan dan hasil belajar siswa (Agustini, 2021; Permatasari & Muda, 2021; Yulianti & Wulandari, 2021).

Pendekatan FC memungkinkan guru mengelola kelas dengan lebih efektif dengan memindahkan konten pembelajaran dasar ke luar kelas (Hendrik & Hamzah, 2020). Siswa menonton video atau membaca materi di rumah, sehingga waktu di kelas dapat digunakan untuk aktivitas yang lebih interaktif seperti diskusi, praktikum, dan penyelesaian masalah. Ini memungkinkan guru untuk fokus pada penguatan konsep dan memberikan bantuan individual kepada siswa yang membutuhkan, yang meningkatkan pemahaman siswa secara keseluruhan (Azizah et al., 2022).

FC juga memungkinkan diferensiasi pembelajaran yang lebih baik (Ridlo et al., 2022). Guru dapat memonitor kemajuan siswa melalui tugas-tugas prapertemuan dan menyesuaikan aktivitas kelas berdasarkan kebutuhan individu. Siswa yang memerlukan lebih banyak bantuan dapat diberikan perhatian lebih, sementara siswa yang sudah

memahami materi dapat terlibat dalam kegiatan yang lebih menantang. Dengan demikian, setiap siswa dapat belajar dengan kecepatan dan gaya yang sesuai dengan kebutuhan mereka.

Pengaruh Science, Technology, Engineering, dan Mathematic (STEM) terhadap Keterampilan Proses Sains (KPS)

Pendekatan STEM dalam penelitian ini melibatkan kegiatan praktikum jaringan hewan dan jaringan tumbuhan. Saat praktikum berlangsung siswa menggunakan pendekatan matematika dalam konteks pengukuran hasil praktikum, menggunakan pendekatan teknologi dan *engineering* dalam konteks penggunaan alat praktikum mikroskop, kaca pembesar, dan preparat. Saat praktikum berlangsung siswa menggunakan pendekatan sains dalam konteks menjelaskan konsep sains ciri jaringan hewan dan jaringan tumbuhan. Berdasarkan kegiatan praktikum tersebut pendekatan STEM secara efektif dalam meningkatkan KPS.

Pendekatan STEM dapat meningkatkan KPS melalui integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam satu kerangka pembelajaran yang menyeluruh (Hiçde & Aktamış, 2022). Ini mendorong siswa untuk melakukan eksperimen langsung dan mengamati fenomena secara kritis, mengumpulkan dan menganalisis data dengan metode ilmiah yang tepat. Dengan melibatkan teknologi dan alat-alat canggih, siswa dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pengukuran serta pengumpulan data, memperdalam pemahaman mereka tentang konsep-konsep ilmiah dasar.

Selain itu, pendekatan STEM mendorong pemikiran kritis dan kreatif dalam pemecahan masalah (Hamimi et al., 2024). Siswa diajarkan untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, dan merancang serta menguji solusi mereka sendiri. Ini membantu mereka mengembangkan keterampilan analitis dan logis yang penting untuk memahami dan menerapkan konsep ilmiah dalam situasi nyata. Proses ini tidak hanya meningkatkan keterampilan ilmiah mereka, tetapi juga

mempersiapkan mereka untuk tantangan kompleks di masa depan.

KPS juga ditingkatkan melalui kolaborasi dalam proyek-proyek STEM (Nurita et al., 2024; Wahyuni et al., 2024). Siswa belajar bekerja dalam tim, berkomunikasi dengan efektif, dan berbagi ide serta temuan mereka. Pengalaman ini mengajarkan mereka bagaimana menyampaikan informasi ilmiah secara jelas dan persuasif, serta mendengarkan dan mempertimbangkan perspektif orang lain. Keterampilan komunikasi ini sangat penting dalam dunia ilmiah yang sering kali melibatkan kolaborasi antar disiplin dan lintas batas geografis.

Terakhir, pendekatan STEM juga membuat pembelajaran lebih relevan dan menarik bagi siswa. Dengan mengaitkan konsep ilmiah dengan aplikasi dunia nyata, siswa lebih termotivasi untuk belajar dan mengeksplorasi lebih dalam (Verawati et al., 2022). Proyek-proyek yang berkaitan dengan masalah nyata memberikan konteks yang bermakna bagi pembelajaran mereka, membuat mereka lebih memahami pentingnya sains dalam kehidupan sehari-hari. Ini tidak hanya meningkatkan keterlibatan mereka dalam pembelajaran, tetapi juga membantu mereka melihat karier di bidang STEM sebagai pilihan yang menarik dan berharga.

Simpulan

Simpulan dalam penelitian ini adalah terdapat perbedaan nilai sebelum dan sesudah pembelajaran. Analisis *racking* mengungkapkan 14 item soal mengalami perubahan tingkat kesulitan, dari yang awalnya sulit menjadi mudah dijawab oleh siswa. Perubahan kesulitan paling signifikan terjadi pada soal nomor 1 tentang mengamati jaringan hewan, sedangkan perubahan paling sedikit pada soal nomor 9 tentang merencanakan percobaan. Analisis *stacking* menunjukkan bahwa 25 siswa mengalami peningkatan, 3 siswa mengalami penurunan, dan 2 siswa tetap tidak mengalami perubahan.

Sintaks DL memberikan pengaruh terhadap peningkatan KPS. Pendekatan FC memberikan manajemen waktu yang baik dan memudahkan guru dalam

memaksimalkan praktikum. Selain itu, pendekatan STEM dapat meningkatkan keterampilan proses sains dengan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu yang mendorong pembelajaran berbasis proyek, di mana siswa aktif melakukan eksperimen dan mengumpulkan serta menganalisis data secara langsung. Ini memperkuat kemampuan ilmiah praktis mereka. STEM juga memupuk pemikiran kritis dan kreatif dalam memecahkan masalah, serta meningkatkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi melalui proyek tim.

Keterbatasan penelitian ini terdapat pada ukuran sampel yang kecil. Meskipun ukuran sampel 30 masih masuk dalam rentang minimal berdasarkan nomogram distribusi Gaussian, tetapi ekspektasi hasil penelitian dengan ukuran sampel di atas 30 menjadi acuan standar riset kuantitatif yang lebih baik. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya menggunakan ukuran sampel yang lebih banyak dan memenuhi ekspektasi standar riset kuantitatif yang lebih optimal. Penggunaan aplikasi G*Power untuk menghitung analisis kekuatan statistik uji t juga bisa menjadi arah riset kuantitatif yang lebih baik di masa depan. Namun jika memang sampel penelitian kecil, solusinya dapat diatasi dengan pendekatan *racking and stacking* yang berorientasi pada *individual-centred statistics* agar eksplorasi dampak pengaruh dapat lebih detail digambarkan.

Daftar Pustaka

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Agustina, D. A. (2017). Upaya Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Dengan Model Problem Based Learning Pada Pembelajaran IPA SD. *Elementary School: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Ke-SD-An*, 4(1). <https://doi.org/10.31316/esjurnal.v4i1.588>
- Agustini, M. (2021). Meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa menggunakan model flipped classroom melalui aplikasi google classroom. *Indonesian Journal of Educational Development (IJED)*, 2(2), 280–289. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5244420>
- Al-Samarraie, H., Shamsuddin, A., & Alzahrani, A. I. (2020). A Flipped Classroom Model in Higher Education: A Review of The Evidence Across Disciplines. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 1017–1051. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09718-8>
- Anggani, A. D., Paidi, & Triharjana. (2016). Identifikasi kesulitan belajar struktur fungsi jaringan hewan pada siswa kelas XI SMA Negeri 1 Muntilan. *Jurnal Edukasi Biologi*, 5(4). <https://doi.org/10.21831/edubio.v5i4.4537>
- Anggraini, F. I., & Huzaifah, S. (2017). Implementasi STEM dalam pembelajaran IPA di sekolah menengah pertama. *Seminar Nasional Pendidikan IPA Tahun 2021*, 1(1), 722–731. Retrieved from <https://conference.unsri.ac.id/index.php/semnasipa/article/view/738>
- Aprianty, H., Gani, A., & Pada, A. U. T. (2020). Implementation of project-based learning through STEM approach to improve students' science process skills and learning outcomes. *JTK: Jurnal Tadris Kimiya*, 5(2), 144–152. <https://doi.org/10.15575/jtk.v5i2.8370>
- Ariana, D., Situmorang, R. P., & Krave, A. S. (2020). Pengembangan modul berbasis discovery learning pada materi jaringan tumbuhan untuk meningkatkan kemampuan literasi sains siswa kelas xi ipa sma. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 11(1), 34–46. <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v11i1.31381>
- Arif, S., & Muchlash, I. (2021). Pengaruh Penggunaan Metode Discovery Learning dengan Teknik Buzz Group terhadap Keterampilan Berpikir

- Rasional Siswa. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(2), 253–267. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v4i2.12252>
- Ariyani, R. D., Indrawati, I., & Mahardika, I. K. (2017). Model Pembelajaran Guided Discovery (GD) disertai Media Audiovisual dalam Pembelajaran IPA (Fisika) di SMP. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 6(4), 397–403. <https://doi.org/https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/2908449>
- Aulia, D., Martaningsih, S. T., & Supriyanto, A. (2021). Upaya Meningkatkan Keterampilan Proses Ipa Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning pada Kelas V SDN 8 Sintang. *JGK (Jurnal Guru Kita)*, 5(3), 98–107. Retrieved from <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/3336676>
- Azizah, T., Fauzan, A., & Harisman, Y. (2022). “Flipped Classroom Type Peer Instruction-Based Learning” Based on A Website to Improve Student’s Problem Solving. *Infinity Journal*, 11(2), 325–348. <https://doi.org/10.22460/infinity.v11i2.p325-348>
- Bahtiar, B., Ibrahim, I., & Maimun, M. (2022). Analysis of Students’ Scientific Literacy Skill in terms of Gender Using Science Teaching Materials Discovery Model Assisted by PhET Simulation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 371–386. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.37279>
- Cheng, L., Ritzhaupt, A. D., & Antonenko, P. (2019). Effects of The Flipped Classroom Instructional Strategy on Students’ Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Educational Technology Research and Development*, 67(4), 793–824. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9633-7>
- Creswell, J. W. (2014). Research Design: Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran. In *Mixed, Edisi Ketiga. Bandung: Pustaka Pelajar* (4th ed.). Pustaka Pelajar.
- Dukomalamo, N., & Bahtiar, B. (2019). Improving Student’s Cognitive Learning Outcome Through Discovery Learning Model in Structure and Function of Plant Tissues Subject. *Jurnal Florea*, 6(1). <https://doi.org/10.25273/florea.v6i1.4364>
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM Education: A Framework for Developing STEM Literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369–385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>
- Fisher, A. J., Medaglia, J. D., & Jeronimus, B. F. (2018). Lack of group-to-individual generalizability is a threat to human subjects research. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(27), E6106–E6115. <https://doi.org/10.1073/pnas.1711978115>
- Hamimi, E., Nugraheni, D., Ardani, S. C., Zhaafirahdiningko, I., Fitriyah, I. J., Fardhani, I., & Marsuki, M. F. (2024). Development of STEM-Based Learning Media FDS (Fire Detector System) Integrated with Blynk IoT to Improve Students’ Creativity on Temperature Material. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(8), 140–147. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i08.48219>
- Hendrik, H., & Hamzah, A. (2020). Flipped Classroom In Programming Course: A Systematic Literature Review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(2), 220–236. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i02.15229>
- Hiçde, E., & Aktamış, H. (2022). The effects of STEM activities on students’ STEM career interests, motivation, science process skills, science achievement and views. *Thinking Skills and Creativity*, 43, 101000. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101000>

- Hughes, B. S., Corrigan, M. W., Grove, D., Andersen, S. B., & Wong, J. T. (2022). Integrating Arts with STEM and Leading with STEAM to Increase Science Learning with Equity for Emerging Bilingual Learners in The United States. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00375-7>
- Juniardi, A. C., & Nurita, T. (2019). Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa dengan Menerapkan Model Pembelajaran Discovery Learning pada Sub Materi Sifat-Sifat Cahaya. *PENSA: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 7(2). Retrieved from <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/27933/25556>
- Kusumawati, M. U., Hidayati, S., & Ratnawati, R. (2016). Identifikasi kesulitan belajar materi struktur-fungsi jaringan tumbuhan pada siswa SMA Negeri 3 Klaten Kelas XI Tahun Ajaran 2015/2016. *Jurnal Edukasi Biologi*, 5(7), 19–26. <https://doi.org/10.21831/edubio.v5i7.4627>
- Kuzon, W. M., Urbanchek, M. G., & McCabe, S. (1996). The seven deadly sins of statistical analysis. *Annals of Plastic Surgery*, 37(3), 265–272. <https://doi.org/10.1097/00000637-199609000-00006>
- Laliyo, L. A. R., Sumintono, B., & Panigoro, C. (2022). Measuring Changes in Hydrolysis Concept of Students Taught by Inquiry Model: Stacking and Racking Analysis Techniques in Rasch Model. *Heliyon*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09126>
- Manik, M., & Harahap, F. (2021). Implementasi Discovery Learning dalam Pembelajaran Biologi Materi Struktur dan Fungsi Jaringan Hewan. *Bioeduca: Journal of Biology Education*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.21580/bioeduca.v3i1.6529>
- Mayub, A., Suryani, E., & Farid, M. (2020). Implementation of discovery learning model based on calor characteristic bricks mixed by (*Durio zibethinus*) and coconut (*cocos nucifera*) skin to improve students cognitive learning outcomes. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(2), 287–293. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i2.23803>
- McLure, F. I., Tang, K.-S., & Williams, P. J. (2022). What do Integrated STEM Projects Look Like in Middle School and High School Classrooms? A Systematic Literature Review of Empirical Studies of iSTEM Projects. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 73. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00390-8>
- McManus, R. M., Young, L., & Sweetman, J. (2023). Psychology is a property of persons, not averages or distributions: Confronting the group-to-person generalizability problem in experimental psychology. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 6(3), 25152459231186616. <https://doi.org/10.1177/25152459231186615>
- Mu'minah, I. H. (2021). Studi Literatur: Pembelajaran Abad-21 Melalui Pendekatan Steam (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) Dalam Menyongsong Era Society 5.0. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 3, 584–594. Retrieved from <https://prosiding.unma.ac.id/index.php/semnasfkip/article/view/654>
- Nurita, T., Yuliati, L., Mahdiannur, M. A., & Ilhami, F. B. (2024). The Effectiveness of Case-Based STEM Integrated with Mobile Simulation to Foster Students' Creative Thinking Skills. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(7), 97–106. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i07.48069>
- Ozdamli, F., & Asiksoy, G. (2016). Flipped classroom approach. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 8(2), 98–105. Retrieved from

- <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1141886.pdf>
- Permatasari, B. I., & Muda, M. T. F. A. (2021). Penerapan Flipped Classroom Sebagai Solusi Pembelajaran di Masa Pandemi Covid-19 di SMP Negeri 2 Balikpapan. *Kompetensi*, 14(2), 113–116. <https://doi.org/10.36277/kompetensi.v14i2.45>
- Prathama, I. W. G. O., Wibawa, I. M. C., & Sudiandika, I. K. A. (2021). Discovery-Inquiry Meningkatkan Hasil Belajar Muatan Pelajaran IPA. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*, 4(2), 352–359. <https://doi.org/10.23887/jp2.v4i2.36089>
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. (2020). The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of Impulse and Momentum Topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465–476. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i4.26432>
- Purwanto, S. (2021). Penerapan Guided Discovery Learning Untuk Memotivasi Siswa SMPN 3 Belantikan Raya. *Prosiding Pendidikan Profesi Guru Agama Islam (PPGAI)*, 1(1), 154–165. Retrieved from <https://e-proceedings.iain-palangkaraya.ac.id/index.php/PPGAI/article/view/221>
- Rahayu, I. P., & Hardini, A. T. A. (2019). Penerapan Model Discovery Learning untuk Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar Tematik. *Journal of Education Action Research*, 3(3), 193–200. <https://doi.org/10.23887/jear.v3i3.17369>
- Rejeki, S. (2021). Model Pembelajaran Discovery Learning dan Media Film Pendek pada Masa Pandemi COVID-19. *Jurnal Lingkar Mutu Pendidikan*, 18(2), 200–203. <https://doi.org/10.54124/jlmp.v18i2.32>
- Ridlo, S., Marina, H., Sapitri, D., & Hadiyanti, L. N. (2022). Scientific Literacy-Based Flipped Classroom Virtual Strategy for Biology Learning In The New Normal Era. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(4), 672–683. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i4.38247>
- Rochmadona, A. D., & Nurita, T. (2021). Penerapan Model Discovery Learning Pada Pembelajaran Daring Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa di SMP Negeri 1 Sidoarjo. *Pensa: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 9(3), 266–271. <https://doi.org/10.26740/pensa.v9i3.38652>
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond The Basics: A Detailed Conceptual Framework of Integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y>
- Sani, R. A. (2014). *Pembelajaran saintifik untuk implementasi kurikulum 2013*. Bumi Aksara.
- Saridewi, N., Suryadi, J., & Hikmah, N. (2017). The implementation of discovery learning method to increase learning outcomes and motivation of student in senior high school. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 3(2), 124–133. <https://dx.doi.org/10.30870/jppi.v3i2.782>
- Semiawan, C. (1989). *Pendekatan Keterampilan Proses*, Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.
- Septi, S. E., Deswalman, D., Maison, M., & Kurniawan, D. A. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa Pada Mata Pelajaran Fisika di SMAN 10 Kota Jambi. *Phi: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Terapan*, 7(2), 10–18. Retrieved from <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/2728083>
- Septiani, D. A., & Anggraito, Y. U. (2023). The Effectiveness of Discovery Blended Learning through The Ruangkelas Feature on The Ruangguru Application to Improve Student Learning Outcomes on Animal Tissues

- Material. *Journal of Biology Education*, 12(3), 284–289. <https://doi.org/10.15294/jbe.v12i3.72842>
- Shen, D., & Chang, C.-S. (2023). Implementation of The Flipped Classroom Approach for Promoting College Students' Deeper Learning. *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 1323–1347. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10186-4>
- Suja, I. W., Jayadiningrat, I. M. G., & Ardiyasa, I. N. S. (2023). Differences in the Triplechem Learning Model with Balinese Local Wisdom and the Discovery Learning Model in Influencing Students' Visual Literacy and Mental Models about Acid-Base Solutions. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(2), 187–198. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i2.44456>
- Udin, M., Arsyad, M., & Khaeruddin, K. (2013). Peningkatan Keterampilan Proses Sains melalui Model Pembelajaran Berdasarkan Masalah pada Siswa Kelas X6 SMA 14 Makassar. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(2), 139–148. Retrieved from <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/jpf/article/view/197/184>
- Verawati, N. N. S. P., Ernita, N., & Prayogi, S. (2022). Enhancing the Reasoning Performance of STEM Students in Modern Physics Courses Using Virtual Simulation in the LMS Platform. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(13), 267–277. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i13.31459>
- Wahyuni, S., Saputri, L., Yustinaningrum, B., Mandasari, L., Nasution, S. S., & Rahmadhani, E. (2024). STEM in Mathematics Teaching and Learning: A Bibliometric Analysis. *Communications on Applied Nonlinear Analysis*, 31(1), 338–353. <https://doi.org/10.52783/cana.v31.448>
- Wang, L.-H., Chen, B., Hwang, G.-J., Guan, J.-Q., & Wang, Y.-Q. (2022). Effects of Digital Game-Based STEM Education on Students' Learning Achievement: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00344-0>
- Wright, B. D. (1977). Solving Measurement Problems With the Rasch Model. *Journal of Educational Measurement*, 14(2), 97–116. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.1977.tb00031.x>
- Wright, B. D. (2003). Rack and stack: time 1 vs time 2 or pre-test vs post pest. *Rasch Measurement Transactions*, 17(1), 905–906. Retrieved from <https://www.rasch.org/rmt/rmt171a.htm>
- Wright, B. D., & Stone, M. H. (1979). *Best test design*. Mesa press.
- Yang, J., & Valcke, M. (2026). Flipped Classroom Design as a Driver of Digital Transformation and Sustainable Education in Higher Education: A Systematic Review of Reviews. *Sustainability*, 18(7), 3582. <https://doi.org/10.3390/su18073582>
- Yerimadesi, Y., Warlinda, Y. A., Rosanna, D. L., Sakinah, M., Putri, E. J., Guspatni, G., & Andromeda, A. (2023). Guided Discovery Learning-Based Chemistry E-Module and Its Effect on Students' Higher-Order Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 168–177. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.42130>
- Yulianti, Y. A., & Wulandari, D. (2021). Flipped classroom: Model pembelajaran untuk mencapai kecakapan abad 21 sesuai kurikulum 2013. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 7(2), 372–384. <https://doi.org/10.33394/jk.v7i2.3209>
- Yusuf, A. M. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif & penelitian gabungan*. Prenada Media.
- Zahroh, F. P. A. (2016). Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa

melalui Model Pembelajaran Guided Inquiry pada Materi Suhu dan Perubahannya. *PENSA: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 4(02). <https://doi.org/10.26740/pensa.v4i02.14910>

Zheng, L., Bhagat, K. K., Zhen, Y., & Zhang, X. (2020). The effectiveness of the flipped classroom on students' learning achievement and learning motivation. *Journal of Educational Technology & Society*, 23(1), 1–15. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/26915403>