

BAB II

KERANGKA AKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS RISET DENGAN PENDEKATAN STEM: PENERAPAN MATERI PEWARNAAN PELANGI ANTIAJAIB DALAM MENYELESAIKAN MASALAH SISTEM KEAMANAN E-COMMERCE UNTUK DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN KOMBINATORIAL MAHASISWA

J C Joedo^{1,2,4*}, Dafik^{2,3,4}, I M Tirta^{2,5}

¹Diagram NSI Education Center, Jember, Indonesia

²Department of Maths Education Postgraduate, Universitas Jember, Indonesia

³CGANT Research Group, Universitas Jember, Indonesia

⁴CEREBEL Research Group, Universitas Jember, Indonesia

⁵Department of Mathematics, Universitas Jember, Indonesia

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran pada abad ke-21 telah memasuki era revolusi industri 4.0 dimana dalam proses pembelajaran telah dipermudah dengan menggunakan bantuan teknologi. Pendekatan pembelajaran di sekolah semakin berkembang seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu pendekatan yang digunakan ialah pendekatan STEM. Istilah STEM merupakan singkatan dari *Science, Technology, Engineering* dan *Mathematics*. Pembelajaran berbasis STEM memfokuskan mahasiswa untuk memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari dengan bantuan ilmu sains, teknologi, teknik, dan matematika. Salah satu penelitian terdahulu yang terkait STEM antara lain [6] yang melakukan penelitian tentang perbandingan prestasi hasil belajar mahasiswa bioteknologi pertanian dengan menggunakan STEM terintegrasi dengan model pembelajaran *research based learning*. Penelitian [2] juga telah mengembangkan kegiatan pembelajaran matematika dengan materi SPLDV yang berbasis pendidikan STEM. Penelitian terbaru mengenai STEM yaitu oleh [3] yang telah menemukan solusi alternatif cara mengawetkan daging olahan secara alami ketika melakukan penelitian RBL berbasis pendidikan STEM.

Pembelajaran berbasis penelitian merupakan model pembelajaran yang dikaitkan dengan kegiatan analisis, sintesis, dan evaluasi, serta meningkatkan kemampuan mahasiswa dan dosen dalam hal asimilasi dan penerapan pengetahuan. Pembelajaran berbasis penelitian dilaksanakan berdasarkan pada teori konstruktivisme yang meliputi empat aspek yaitu (1) pembelajaran yang mengkonstruksi pemahaman mahasiswa, (2) pembelajaran melalui pengembangan pengetahuan awal, (3) pembelajaran yang melibatkan proses interaksi sosial, dan (4) pembelajaran bermakna yang dicapai melalui pengalaman dunia nyata. Pembelajaran yang menggunakan model pembelajaran berbasis penelitian membantu mahasiswa dalam mengembangkan berbagai keterampilan berpikir matematis. Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan RBL antara lain yang meneliti tentang efektivitas pembelajaran berbasis RBL untuk pemecahan masalah barisan aritmatika tingkat dua [8]. Sedangkan [5] melakukan penelitian terkait profil berpikir kreatif mahasiswa pada pembelajaran berbasis RBL. Selain itu, [4] melakukan penelitian tentang pengaruh dari penerapan pembelajaran berbasis RBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kombinatorial mahasiswa.

Salah satu keterampilan berpikir matematis tersebut ialah keterampilan berpikir kombinatorial. Berpikir kombinatorial adalah proses untuk mendapatkan beberapa solusi untuk pemecahan masalah diskrit [9]. Keterampilan berpikir kombinatorial dibutuhkan untuk mencari solusi dari sebuah permasalahan graf. Mahasiswa menggunakan keterampilan berpikir kombinatorial untuk mencari berbagai kemungkinan solusi dari permasalahan tersebut secara sistematis dan berusaha untuk memastikan bahwa hasil yang telah diperoleh sudah benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Telah dirumuskan lima indikator dari keterampilan berpikir kombinatorial yaitu mengidentifikasi beberapa kasus, mengenali pola dari semua kasus, menggeneralisasi semua kasus, membuktikan secara matematis, dan mempertimbangkan dengan masalah kombinatorial lain [1]. Salah satu penelitian terdahulu terkait keterampilan berpikir kombinatorial yaitu [4] yang melakukan penelitian untuk meningkatkan keterampilan berpikir kombinatorial mahasiswa dengan menerapkan pembelajaran berbasis RBL. Dilakukan pula analisis tentang penerapan model pembelajaran *discovery learning* untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kombinatorial mahasiswa oleh [1].

Teori graf merupakan salah satu ilmu yang membantu dalam mengatasi berbagai permasalahan dalam berbagai disiplin ilmu. Dalam bidang matematika, graf memiliki banyak manfaat dalam mengatasi permasalahan sosial maupun permasalahan kehidupan sehari-hari. Kegunaan dari graf adalah untuk merepresentasikan berbagai objek diskrit dan hubungan yang dimiliki antara objek-objek tersebut. Representasi visual dari graf ialah menyatakan suatu objek sebagai sebuah titik, sedangkan hubungan antara objek dinyatakan dengan garis. Penelitian [7] mendefinisikan bahwa graf G dikatakan pewarnaan pelangi antiajaib jika setiap titik pada graf G diberi label antiajaib, kemudian bobot sisi dari label antiajaib digunakan untuk pewarnaan pelangi sedemikian rupa sehingga terdapat minimal satu jalur pelangi dengan semua bobot sisi yang berbeda. Bobot sisi yang didapatkan digunakan sebagai warna pada pewarnaan pelangi antiajaib. Bilangan koneksi pelangi antiajaib yang dilambangkan dengan $rac(G)$ adalah jumlah warna terkecil sedemikian rupa sehingga terdapat minimal satu jalur pelangi dengan semua bobot sisi yang berbeda.

Perangkat pembelajaran yang dapat dikembangkan pada penelitian ini antara lain yaitu lembar kerja mahasiswa (LKM) yang berisi tugas, petunjuk, dan langkah pengerjaan, tes hasil belajar (THB) yang berisi *pre-test* dan *post-test*, dan monograf. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dikembangkan perangkat pembelajaran berbasis penelitian dengan pendekatan STEM yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kombinatorial mahasiswa.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah metode kualitatif naratif. Penelitian ini dimulai dari mengumpulkan beberapa literatur untuk direview terkait RBL dan STEM. Termasuk juga eksplorasi terkait dengan problematika STEM. Kemudian dikembangkanlah kerangka sintaksis integrasi RBL-STEM dalam menyelesaikan problematika STEM tersebut. Selanjutnya akan disajikan pula capaian pembelajaran dan tujuannya, dan kemudian termasuk pengembangan indikator dan sub indikator terkait dengan kemampuan kombinatorial. Kemudian penelitian dilanjutkan dengan menguraikan peran empat elemen STEM dalam menyelesaikan problematika di atas. Baru kemudian terakhir adalah

mendesripsikan setiap tahapan RBL lengkap dengan aktivitas pembelajaran, dan yang paling terakhir adalah melengkapi indikator dan sub indikator dari kemampuan kombinatorial termasuk di dalamnya adalah menunjukkan instrumen penilaiannya.

3. HASIL PENELITIAN

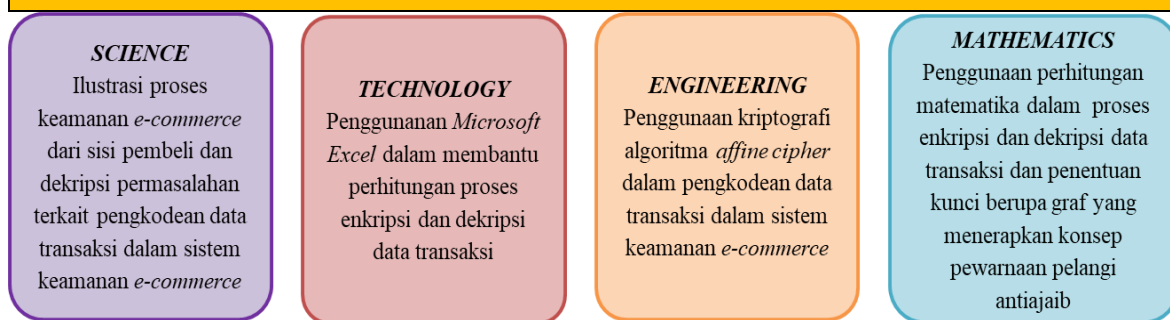
3.1. *Sintaksis Pembelajaran Berbasis Penelitian dengan Pendekatan STEM*

Berikut ini akan disajikan sintaksis atau *framework* untuk menerapkan model pembelajaran berbasis penelitian pada pendekatan STEM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kombinatorial mahasiswa dalam menyelesaikan masalah pengkodean data transaksi yang merupakan bagian dari sistem keamanan *e-commerce* dengan menggunakan kriptografi algoritma *affine cipher* serta penggunaan konsep pewarnaan pelangi antiajaib sebagai kunci dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi. Sintaksis ini dikembangkan berdasarkan sintaks yang diusulkan dalam [3]. Pada tahap awal sintaks RBL mahasiswa diminta untuk memahami masalah yang diajukan kemudian mahasiswa didorong untuk mengembangkan strategi pemecahan masalah, mahasiswa mengumpulkan informasi dan menemukan beberapa literatur yang relevan. Berikut permasalahan yang disajikan tentang pengkodean data transaksi dalam sistem keamanan *e-commerce* dengan menggunakan konsep pewarnaan pelangi antiajaib.

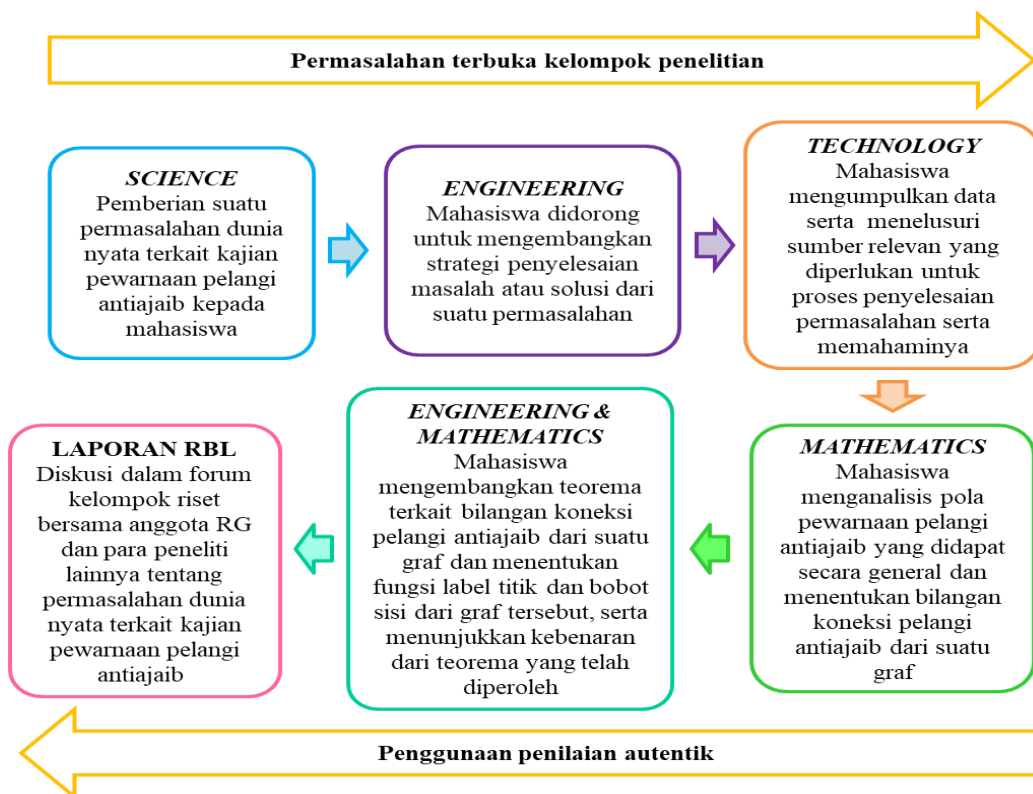
Dalam penelitian ini, hasil yang diharapkan dari permasalahan terkait pengkodean data transaksi pada sistem keamanan *e-commerce* agar tidak terjadi kesalahan pada saat pemesanan barang secara *online*. Oleh karena itu, model RBL dengan pendekatan STEM akan melakukan tahapan sebagai berikut (1) permasalahan dasar terkait permasalahan pengkodean data transaksi pada sistem keamanan *e-commerce* agar tidak terjadi kesalahan pada saat pemesanan barang, (2) menemukan solusi permasalahan menggunakan konsep pewarnaan pelangi antiajaib, (3) mengumpulkan data yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah, (4) menggunakan konsep pewarnaan pelangi antiajaib untuk mengembangkan kunci dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi, (5) menghitung proses enkripsi dan dekripsi data transaksi, (6) melaporkan hasil penelitian dan observasi keterampilan berpikir kombinatorial mahasiswa. Secara

rinci *framework* penerapan RBL dengan pendekatan STEM ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Sistem keamanan *e-commerce* digunakan dalam transaksi *online* agar tidak terjadi kesalahan dalam pemesanan barang. Pengkodean data transaksi menggunakan kriptografi algoritma *affine cipher* merupakan salah satu cara yang dapat digunakan dalam sistem keamanan *e-commerce*. Kita dapat menyelesaikan permasalahan pengkodean data transaksi dalam sistem keamanan *e-commerce* menggunakan konsep pewarnaan pelangi antiajaib.



Gambar 1. Unsur STEM dalam permasalahan.



Gambar 2. Framework RBL dengan pendekatan STEM.

3.1.1. *Capaian dan Tujuan Pembelajaran Mahasiswa*

Capaian pembelajaran yang diharapkan yaitu mahasiswa dapat menyelesaikan permasalahan pengkodean data transaksi pada sistem keamanan *e-commerce* agar tidak terjadi kesalahan pada saat pemesanan barang dengan menggunakan konsep pewarnaan pelangi antiajaib. Mahasiswa juga dapat menentukan fungsi titik, fungsi bobot sisi dan bilangan koneksi pelangi antiajaib secara general serta dapat menunjukkan kebenaran dari fungsi yang didapat.

Tujuan pembelajaran berbasis penelitian dengan pendekatan STEM yaitu untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa di bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika antara lain:

a. Pada aspek sains (*science*), mahasiswa diharapkan untuk:

- Memahami permasalahan yang disajikan tentang pengkodean data transaksi dalam sistem keamanan *e-commerce* dengan menggunakan konsep pewarnaan pelangi antiajaib.
- Menentukan kunci dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi yaitu label titik dan bobot sisi dari graf yang menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib.

b. Pada aspek teknologi (*technology*), mahasiswa diharapkan untuk:

- Menggunakan *web browser* untuk mengidentifikasi konsep pewarnaan pelangi antiajaib dan kriptografi algoritma *affine cipher*.
- Menggunakan *Microsoft Excel* dalam membantu perhitungan proses enkripsi dan dekripsi data transaksi.
- Menggunakan *software Geogebra* untuk menggambarkan graf yang akan digunakan sebagai kunci dalam proses kriptografi.

c. Pada aspek teknik (*engineering*), mahasiswa diharapkan untuk:

- Mengembangkan pola pewarnaan pelangi antiajaib pada graf dengan metode pendeteksi pola (*pattern recognition*).
- Menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib pada graf yang akan digunakan sebagai kunci dalam proses kriptografi.
- Menggunakan kriptografi algoritma *affine cipher* untuk mengubah data transaksi menjadi teks rahasia agar tidak terjadi kesalahan dalam pemesanan barang.

d. Pada aspek matematika (*mathematics*), mahasiswa diharapkan untuk:

- Menentukan urutan kunci yang digunakan dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi.
- Menentukan hasil dari proses enkripsi dan dekripsi data transaksi.
- Menggunakan *Microsoft Excel* untuk mengembangkan pemrograman untuk menghitung hasil dari proses enkripsi dan dekripsi data transaksi.

3.1.2. ***Pengkodean Data Transaksi pada Sistem Keamanan E-commerce dengan Menggunakan Konsep Pewarnaan Pelangi Antiajaib***

a. Aspek sains (*science*) dalam permasalahan

Nina membuka sebuah toko yang menjual berbagai aksesoris wanita, mulai dari tas, *totebag*, dompet, gelang, dan sebagainya. Akan tetapi semenjak adanya virus COVID-19 toko Nina semakin sepi dan jarang ada pembeli, sehingga akhirnya Nina memutuskan untuk membuat *website online shop* guna mempermudah transaksi di masa pandemi. Untuk menjaga keamanan dan kenyamanan dalam proses transaksi online, Nina membutuhkan sebuah sistem keamanan *e-commerce*.

Sistem keamanan *e-commerce* menggunakan bantuan kriptografi untuk menjaga kerahasiaan dari data transaksi milik pembeli. Algoritma kriptografi yang digunakan pada sistem keamanan *e-commerce* di *website online shop* milik Nina ialah algoritma *affine cipher*, dimana kunci yang digunakan ialah graf hasil operasi amalgamasi titik dari graf bintang order 4 dengan notasi $Amal(S_4, v, m)$ yang menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib dan untuk proses enkripsi menggunakan fungsi $y_i = (x_i + k_i)(mod\ 26)$, sedangkan untuk proses dekripsi menggunakan fungsi $x_i = (y_i - k_i)(mod\ 26)$.

Keterangan: x_i = bentuk numerik dari *plaintext*, k_i = label titik dan sisi dari kunci dimulai dari yang terkecil, dan y_i = bentuk numerik dari *ciphertext*.

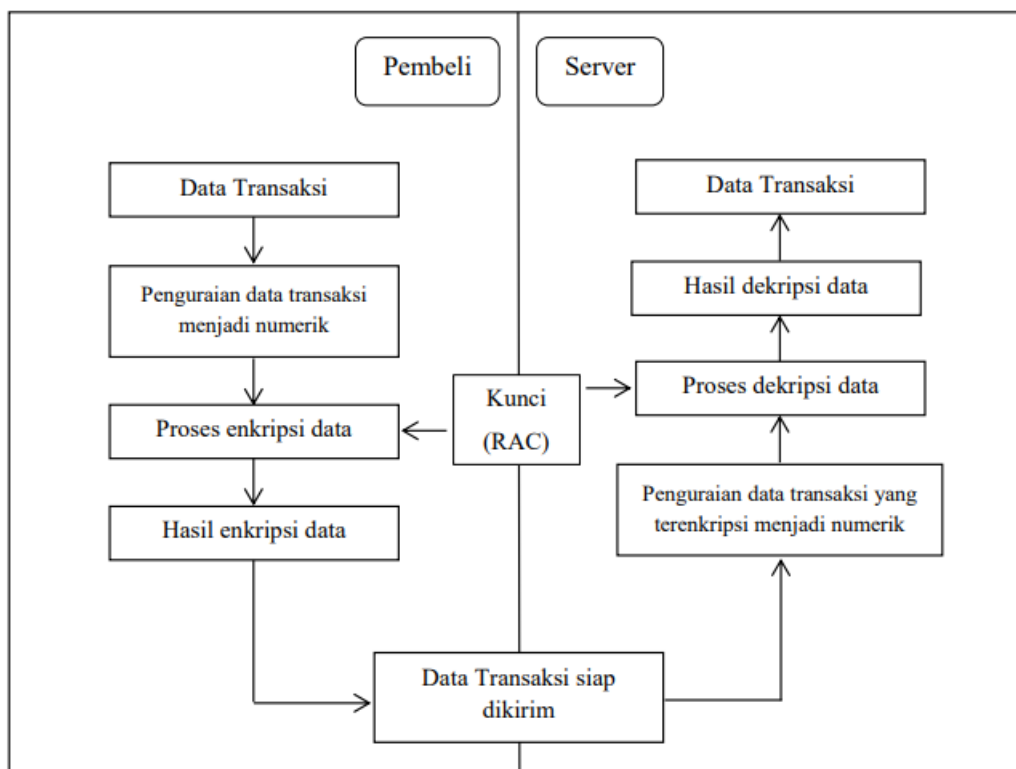
Setelah *website online shop* milik Nina telah dilengkapi dengan sistem keamanan *e-commerce*, Nina mendapatkan seorang pembeli yang memesan sebuah dompet wanita merk *forever young* berwarna biru. Data transaksi tersebut diubah menjadi pesan singkat “DOMPET FY BIRU” tanpa memperhatikan spasi. Ubahlah data transaksi tersebut menjadi teks rahasia

dengan bantuan Kriptografi algoritma *affine cipher* agar tidak terjadi kesalahan pada jumlah dan jenis barang yang dipesan oleh pembeli.

Pertanyaan:

1. Tentukan *plaintext* dan kunci yang akan digunakan!
2. Terapkanlah konsep pewarnaan pelangi antiajaib pada kunci yang akan digunakan!
3. Uraikanlah proses enkripsi yang terjadi pada *website*!
4. Uraikanlah proses dekripsi yang terjadi pada *website*!
5. Tuliskan hasil dari proses enkripsi dan dekripsi yang terjadi pada *website*!

Proses dari sistem keamanan *e-commerce* pada *website online shop* milik Nina apabila dilihat dari sisi pembeli dapat digambarkan seperti ilustrasi berikut ini.

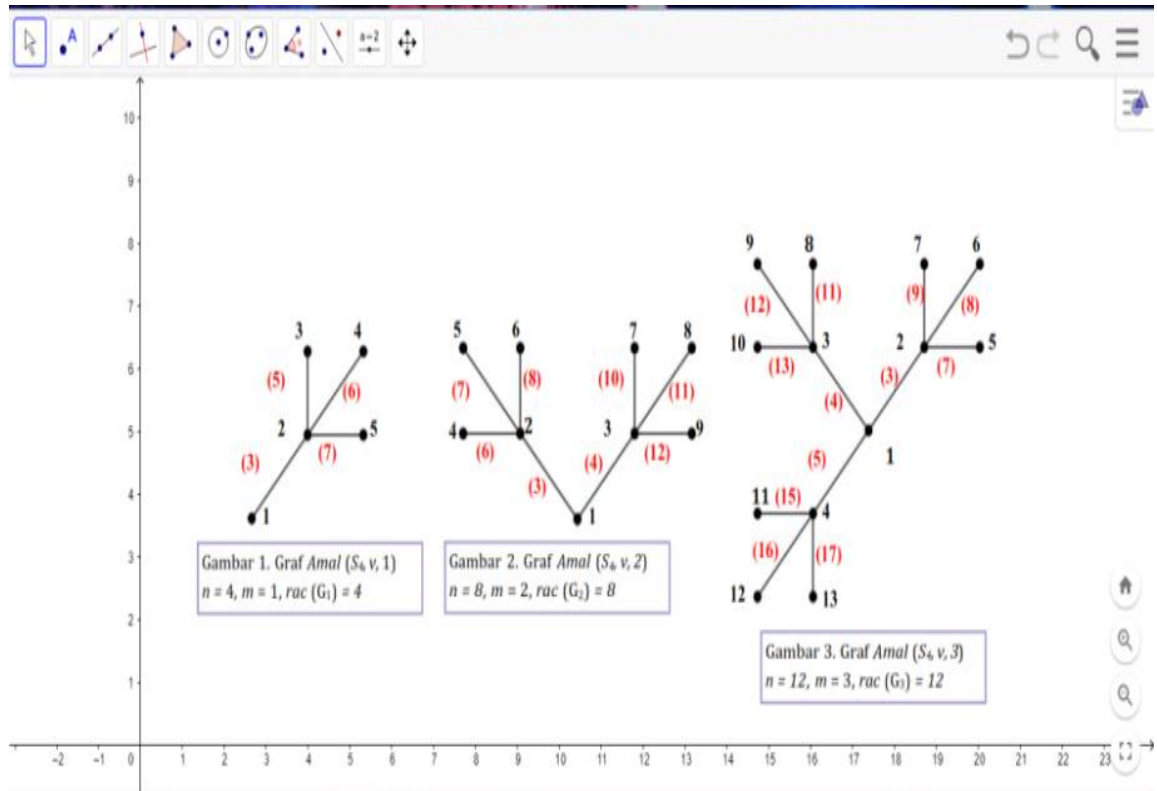


Gambar 3. Proses dari sistem keamanan *e-commerce* pada sisi pembeli.

b. Aspek teknologi (*technology*) dalam permasalahan

Penggunaan *Internet of Things* pada aspek teknologi yaitu menggunakan beberapa *software* seperti *Geogebra*. Mahasiswa menggambar graf yang akan digunakan sebagai kunci dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi

menggunakan *software Geogebra* seperti pada Gambar 4. *Software Geogebra* dapat diakses secara *online* dengan cara membuka situs <https://www.geogebra.org/classic> atau secara *offline* dengan cara mengunduh *software Geogebra* di situs <https://www.geogebra.org/download?lang=en>.



Gambar 4. Penggunaan *software Geogebra* untuk menggambar graf.

c. Aspek teknik (*engineering*) dalam permasalahan

Teknik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pengkodean data transaksi pada sistem keamanan *e-commerce* yaitu menggunakan kriptografi algoritma *affine cipher* dan penerapan konsep pewarnaan pelangi antiajaib pada graf yang akan digunakan sebagai kunci dalam proses kriptografi. Kriptografi ialah pengkodean suatu pesan yang bersifat rahasia dan hanya orang tertentu yang dapat membaca pesan tersebut. Pada kriptografi terdapat dua proses untuk melakukan pengkodean yaitu proses enkripsi (*encryption process*) dan proses dekripsi (*decryption process*). Pada proses enkripsi dan dekripsi memerlukan sebuah kunci agar kedua proses tersebut dapat dilakukan, dimana pada penelitian ini kunci yang digunakan yaitu fungsi titik dan bobot sisi dari graf yang menerapkan konsep pewarnaan pelangi

antiajaib dimulai dari yang paling minimum. Sedangkan algoritma kriptografi yang digunakan ialah algoritma *affine cipher* merupakan salah satu jenis *cipher* substitusi, di mana setiap huruf dalam alfabet dikonversi menjadi bentuk numerik, lalu dienkripsi menggunakan sebuah persamaan aritmatika sederhana dan kemudian dikonversi kembali menjadi huruf.

Plaintext	x_i	k_i	$x_i + k_i$	y_i	Ciphertext
D	3	1	4	4	E
O	14	2	16	16	Q
M	12	3	15	15	P
P	15	5	20	20	U
E	4	6	10	10	K
T	19	7	26	0	A
F	5	7	12	12	M
Y	24	8	32	6	G
B	1	9	10	10	K
I	8	1	9	9	J
R	17	3	20	20	U
U	20	4	24	24	Y

Ciphertext	y_i	k_i	$y_i - k_i$	x_i	Plaintext
E	4	1	3	3	D
Q	16	2	14	14	O
P	15	3	12	12	M
U	20	5	15	15	P
K	10	6	4	4	E
A	0	7	-7	19	T
M	12	7	5	5	F
G	6	8	-2	24	Y
K	10	9	1	1	B
J	9	1	8	8	I
U	20	3	17	17	R
Y	24	4	20	20	U

(i) Hasil dari proses enkripsi : EQPUKAMGKJUY

(ii) Hasil dari proses dekripsi : DOMPETFYBIRU

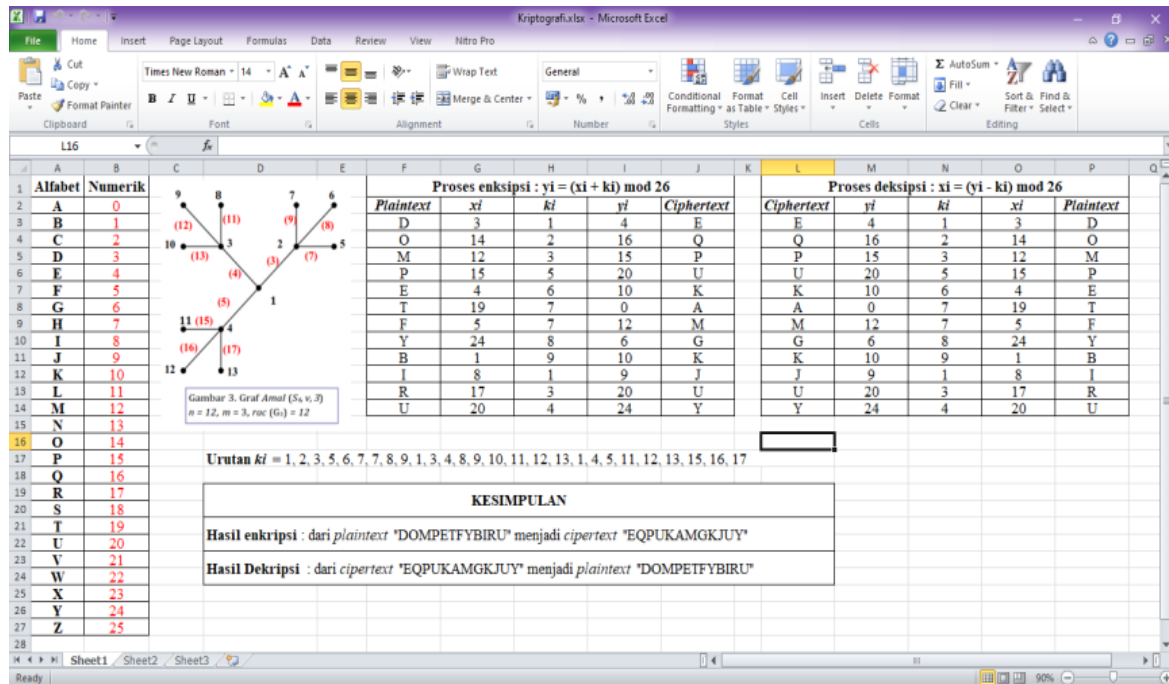
Gambar 5. Proses enkripsi dan dekripsi data transaksi.

Langkah-langkah yang digunakan dalam aspek teknik yaitu (1) menentukan *plaintext* dan graf yang akan digunakan sebagai kunci, (2) menentukan jumlah alphabet dari *plaintext* dan *order* dari graf yang akan digunakan dimana jumlah titik dan sisi dari graf diusahakan lebih besar atau sama dengan jumlah alphabet dari *plaintext*, (3) menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib pada graf yang akan digunakan sebagai kunci dan menentukan urutan dari kunci, (4) melakukan proses enkripsi dan dekripsi data transaksi, dan (5) menyimpulkan hasil dari proses enkripsi dan dekripsi data transaksi.

d. Aspek matematika (*mathematics*) dalam permasalahan

Perhitungan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pengkodean data transaksi pada sistem keamanan *e-commerce* yaitu menentukan urutan kunci yang digunakan dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi dan menentukan hasil dari proses enkripsi dan dekripsi data transaksi. Pada proses enkripsi data transaksi menggunakan fungsi $y_i = (x_i + k_i)(\text{mod } 26)$, sedangkan untuk proses dekripsi data transaksi menggunakan fungsi $x_i = (y_i - k_i)(\text{mod } 26)$, dimana x_i = bentuk numerik dari

plaintext, k_i = label titik dan sisi dari kunci dimulai dari yang terkecil, dan y_i = bentuk numerik dari ciphertext. Untuk perhitungan proses enkripsi dan dekripsi data transaksi dapat dilakukan secara manual atau dengan menggunakan bantuan *Microsoft Excel* seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses kriptografi menggunakan *Microsoft Excel*.

3.1.3. Pembelajaran Berbasis Penelitian dengan Pendekatan STEM dalam Pengkodean Data Transaksi pada Sistem Keamanan E-commerce

Pada bagian ini akan dibahas tahapan model pembelajaran berbasis penelitian dengan pendekatan STEM secara rinci, dimana terdapat enam tahapan yang akan menggambarkan kegiatan mahasiswa dalam proses pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran berbasis penelitian dengan pendekatan STEM tentang penggunaan konsep pewarnaan pelengi antiajaib untuk meningkatkan keterampilan berpikir kombinatorial mahasiswa dalam menyelesaikan masalah pengkodean data transaksi pada sistem keamanan e-commerce.

1. Tahap pertama yaitu pemberian masalah mendasar terkait dengan pengkodean data transaksi pada sistem keamanan e-commerce. Pembelian barang secara online memerlukan penggunaan sistem keamanan e-commerce agar data transaksi serta data pribadi konsumen tetap terjaga kerahasiaannya dan

mencegah adanya orang yang ingin mencuri data tersebut. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 1.

Tahap 1	Kegiatan Pembelajaran
Pemberian suatu permasalahan dunia nyata terkait kajian pewarnaan pelangi antiajaib kepada mahasiswa (Science)	a. Dosen bertanya kepada mahasiswa apakah mereka pernah melakukan transaksi secara <i>online</i>. b. Dosen menunjukkan kepada mahasiswa tentang proses pengkodean data transaksi pada sistem keamanan <i>e-commerce</i> yang terjadi ketika melakukan transaksi secara <i>online</i>. c. Mahasiswa bekerja mengembangkan proses kriptografi menggunakan algoritma <i>affine cipher</i> untuk melakukan pengkodean data transaksi dan mencoba menganalisis bagaimana cara melakukan proses enkripsi dan dekripsi data transaksi d. Mahasiswa mulai melakukan diskusi kelompok terkait solusi penyelesaian permasalahan pengkodean data transaksi pada sistem keamanan <i>e-commerce</i>

2. Tahap kedua yaitu mengembangkan solusi terkait penerapan konsep pewarnaan pelangi antiajaib dalam permasalahan pengkodean data transaksi pada sistem keamanan *e-commerce* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kombinatorial mahasiswa. Dosen menjelaskan kepada mahasiswa cara melakukan proses enkripsi dan dekripsi data transaksi serta cara untuk menentukan kunci yang digunakan dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi dimana kunci tersebut berupa label titik dan bobot sisi dari graf yang menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib dan urutannya dimulai dari yang terkecil hingga terbesar. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 2 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 2.

Tahap 2	Kegiatan Pembelajaran
Mahasiswa didorong untuk mengembangkan strategi penyelesaian masalah atau solusi dari suatu permasalahan (Engineering)	a. Dosen membimbing mahasiswa untuk mendiskusikan strategi bagaimana cara menemukan solusi permasalahan pengkodean data transaksi pada sistem keamanan <i>e-commerce</i> dengan menggunakan

Tahap 2	Kegiatan Pembelajaran
	konsep pewarnaan pelangi antiajaib
	b. Dosen menjelaskan kepada mahasiswa cara menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib pada beberapa graf sederhana dan contoh melakukan kriptografi/pengkodean pada sebuah kata
	c. Mahasiswa diminta untuk melakukan pengkodean data transaksi yang tersedia pada permasalahan dimana terdapat dua proses yaitu proses enkripsi dan dekripsi data transaksi.

3. Tahap ketiga yaitu pengumpulan data serta mencari sumber yang relevan untuk membantu menemukan solusi permasalahan. Mahasiswa dapat menggunakan *software Geogebra* untuk mengambar graf yang digunakan sebagai kunci dalam proses kriptografi secara *online*. Perhitungan dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi dapat dilakukan secara manual atau dapat menggunakan bantuan *Microsoft Excel*. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 3 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 3.

Tahap 3	Kegiatan Pembelajaran
Mahasiswa mengumpulkan data serta menelusuri sumber relevan yang diperlukan untuk proses penyelesaian permasalahan serta memahaminya (Technology)	a. Pengumpulan data terkait pewarnaan pelangi antiajaib dapat jurnal/artikel ilmiah yang dapat ditelusuri menggunakan <i>google scholar</i> , <i>science direct</i> atau <i>website</i> lainnya
	b. Mahasiswa dapat menggunakan ensiklopedia <i>online</i> seperti <i>google scholar</i> , <i>research gates</i> , <i>orcid</i> , <i>mendeley</i> untuk menemukan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang terkait dengan pewarnaan pelangi antiajaib agar dapat lebih memahami bagaimana menerapkan konsep tersebut.
	c. Mahasiswa dibawah bimbingan dosen mencoba menggunakan <i>software Geogebra</i> untuk mengambar graf yang digunakan sebagai kunci dalam proses kriptografi
	d. Mahasiswa dapat membuat ilustrasi graf yang digunakan sebagai kunci

Tahap 3	Kegiatan Pembelajaran
	dan menentukan label titik dan bobot sisi dari graf yang menerapkan konsep pewarnaan antiajaib dengan menggunakan <i>software Geogebra</i> , bisa dilakukan secara <i>online</i> ataupun secara <i>offline</i> jika sudah mendownload <i>software GeoGebra</i>
	e. Mahasiswa dibawah bimbingan dosen mencoba menggunakan bantuan <i>Microsoft Excel</i> untuk melakukan perhitungan dalam proses enkripsi dan dekripsi data transaksi

4. Tahap keempat yaitu menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib pada suatu graf, menemukan pola pewarnaannya, lalu menentukan bilangan koneksi pelangi antiajaib dari graf tersebut. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 4 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 4.

Tahap 4	Kegiatan Pembelajaran
Mahasiswa menganalisis pola pewarnaan pelangi antiajaib yang didapat secara general dan menentukan bilangan koneksi pelangi antiajaib dari suatu graf (<i>Engineering</i>)	a. Mahasiswa mampu menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib pada suatu graf
	b. Mahasiswa dapat menemukan pola pewarnaan pelangi antiajaib dari suatu graf pada order tertentu
	c. Mahasiswa dapat menemukan generalisasi pola pewarnaan pelangi antiajaib dari suatu graf hingga order ke- n
	d. Mahasiswa dapat menentukan bilangan koneksi pelangi antiajaib dari suatu graf

5. Tahap kelima yaitu mahasiswa mengembangkan teorema terkait bilangan koneksi pelangi anti ajaib dari suatu graf. Setelah itu, mahasiswa menentukan fungsi pelabelan titik dan fungsi bobot sisi dari graf tersebut, mentukan generalisasi dari fungsi tersebut, serta menunjukkan kebenaran dari teorema yang telah diperoleh. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 5 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 5.

Tahap 5	Kegiatan Pembelajaran
---------	-----------------------

Tahap 5	Kegiatan Pembelajaran
Mahasiswa mengembangkan teorema terkait bilangan koneksi pelangi antiajaib dari suatu graf dan menentukan fungsi label titik dan bobot sisi dari graf tersebut, serta menunjukkan kebenaran dari teorema yang telah diperoleh (<i>Engineering, Mathematics</i>)	a. Mahasiswa dapat menentukan himpunan titik, himpunan sisi, dan kardinalitas dari suatu graf
	b. Mahasiswa dapat menentukan generalisasi dari bilangan koneksi pelangi antiajaib dari suatu graf hingga order ke- n
	c. Mahasiswa dapat menentukan fungsi label titik dan fungsi bobot sisi dari suatu graf yang menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib dengan order tertentu
	d. Mahasiswa dapat menentukan generalisasi dari fungsi label titik dan fungsi bobot sisi dari suatu graf yang menerapkan konsep pewarnaan pelangi antiajaib hingga order ke- n
	e. Mahasiswa menuliskan teorema pewarnaan pelangi antiajaib serta dapat menunjukkan kebenaran dari teorema yang telah diperoleh

6. Tahap keenam yaitu mahasiswa menuliskan laporan hasil penelitian yang telah dilakukan dan melakukan presentasi tentang hasil diskusi kelompok terkait kajian pewarnaan pelangi antiajaib dan aplikasinya dalam dunia nyata yaitu pengkodean data transaksi pada sistem keamanan *e-commerce*. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 6 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 6.

Tahap 6	Kegiatan Pembelajaran
Diskusi dalam forum kelompok riset bersama anggota RG dan para peneliti lainnya tentang permasalahan dunia nyata terkait kajian pewarnaan pelangi antiajaib (<i>Laporan RBL</i>)	a. Mahasiswa menuliskan laporan penelitian tentang kajian pewarnaan pelangi antiajaib dan aplikasinya dalam dunia nyata yaitu pengkodean data transaksi pada sistem keamanan <i>e-commerce</i> .
	b. Mahasiswa dapat menjelaskan alur atau tahapan yang dilakukan untuk menemukan bilangan koneksi pelangi antiajaib dari suatu graf
	c. Salah satu mahasiswa perwakilan kelompok melakukan presentasi hasil diskusi kelompok dalam ruang utama <i>zoom cloud meeting</i> dan mendiskusikannya bersama seluruh

Tahap 6	Kegiatan Pembelajaran
	anggota kelas
	d. Dosen mengevaluasi dan mengklarifikasi hasil penelitian mahasiswa, serta menyimpulkan hasil dari diskusi
	e. Dosen melakukan analisis dan observasi terhadap keterampilan berpikir kombinatorial mahasiswa dengan menggunakan tes keterampilan berpikir kombinatorial

3.1.4. Kerangka Instrumen Penilaian Kemampuan Kombinatorial Mahasiswa

Berikut merupakan kerangka penilaian instrumen kemampuan kombinatorial mahasiswa, dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kerangka instrumen penilaian kemampuan kombinatorial.

No.	Indikator	Sub Indikator	Materi Uji
1.	Mengidentifikasi beberapa kasus	a. Mengidentifikasi properti/karakteristik dari masalah	a. Jelaskan mengapa dibutuhkan suatu sistem keamanan <i>e-commerce</i>
		b. Menerapkan beberapa kasus	b. Diskusikan penerapan beberapa kasus sistem keamanan <i>e-commerce</i>
2.	Mengenali pola dari semua kasus	a. Mengidentifikasi pola dari penyelesaian kasus	a. Identifikasi pola untuk menemukan pengaplikasian materi pewarnaan pelangi antiajaib
		b. Memperluas pola dari penyelesaian kasus yang diperoleh	b. Perluas pola sistem keamanan <i>e-commerce</i>
3.	Mengeneralisasi semua kasus	a. Menerapkan simbolisasi matematika	a. Terapkan simbol untuk pola sistem keamanan <i>e-commerce</i> yang dibuat
		b. Menghitung kardinalitas	b. Kembangkan algoritma untuk pola sistem keamanan <i>e-commerce</i>
		c. Mengembangkan algoritma	
4.	Membuktikan secara matematis	a. Melakukan perhitungan argumen	a. Ujikan algoritma dari pola sistem keamanan <i>e-commerce</i>
		b. Menguji algoritma	b. Buatlah bijeksi dari

No.	Indikator	Sub Indikator	Materi Uji
			pola sistem keamanan <i>e-commerce</i>
		c. Mengembangkan sebuah bijeksi	c. Ujilah bijeksi dari pola sistem keamanan <i>e-commerce</i>
		d. Menguji bijeksi	d. Terapkan pembuktian induktif, deduktif, dan kualitatif untuk algoritma sistem keamanan <i>e-commerce</i>
		e. Menerapkan pembuktian induktif, deduktif, dan kualitatif	
5.	Mempertimbangkan dengan masalah kombinatorial lain	a. Melakukan interpretasi	a. Usulkan masalah terbuka terkait sistem keamanan <i>e-commerce</i>
		b. Mengusulkan masalah terbuka	b. Temukan aplikasi pewarnaan pelangi antiajaib pada sistem keamanan <i>e-commerce</i>
		c. Mengetahui masalah kombinatorial baru	
		d. Menemukan aplikasi yang potensial	

3.1.5. *Tindak Lanjut Pengembangan Perangkat Pembelajaran*

Untuk tahap pengembangan perangkat pembelajaran, akan digunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang dikembangkan oleh Raiser dan Mollenda. Model ini terdiri dari analisis, merancang, mengembangkan, implementasi dan evaluasi. Pertama: Tahap analisis yaitu menganalisis karakteristik mahasiswa, materi dan proses pembelajaran, serta media pembelajaran yang akan digunakan. Kedua: Tahap perancangan adalah merancang integrasi model RBL ke dalam pendekatan STEM. Pada tahap ini, bahan ajar yaitu silabus, RPP, LKPD, *pre-test*, *post-test*, dan instrumen penilaian lainnya, disiapkan oleh peneliti. Ketiga: Tahap pengembangan, yaitu uji coba bahan ajar dan instrumen untuk mengecek keabsahan bahan ajar serta kepraktisan. Hasil validasi berupa validitas isi, validitas format, validitas bahasa, dan tingkat kepraktisan. Keempat: Tahap implementasi untuk mengetahui keefektifan bahan ajar RBL-STEM dalam meningkatkan kemampuan kombinatorial mahasiswa dalam menyelesaikan masalah sistem keamanan *e-commerce* dengan menggunakan materi pewarnaan

pelangi antiajaib pada graf. Kelima: Tahap evaluasi merupakan kegiatan refleksi untuk menilai apakah penerapan materi pembelajaran model RBL dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan kemampuan kombinatorial mahasiswa dalam menyelesaikan masalah sistem keamanan *e-commerce* dengan menggunakan materi pewarnaan pelangi antiajaib pada graf. Pada tahap ini, penggunaan statistik inferensial sangat dibutuhkan.

4. PEMBAHASAN

Pengembangan kerangka kerja kegiatan pembelajaran RBL-STEM dalam menyelesaikan masalah sistem keamanan *e-commerce* dengan menggunakan materi pewarnaan pelangi antiajaib dari graf untuk meningkatkan kemampuan kombinatorial mahasiswa sangat bermanfaat untuk dipelajari. Hasil ini menjadi pedoman dalam melakukan penelitian lanjutan. Setidaknya ada dua kegiatan penelitian lagi yang dapat dilakukan lebih lanjut, yaitu: (1) mengembangkan materi pembelajaran STEM-RBL dengan model pengembangan ADDIE, (2) Menganalisis implementasi materi pembelajaran RBL-STEM dalam meningkatkan kemampuan kombinatorial mahasiswa dalam menyelesaikan masalah system keamanan *e-commerce* dengan menggunakan materi pewarnaan pelangi antiajaib pada graf. Kerangka kegiatan pembelajaran kombinasi RBL-STEM sangat efektif dalam mewujudkan kemampuan kombinatorial mahasiswa apabila diterapkan dalam kelas pembelajaran, hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dipaparkan pada [8].

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini telah menggambarkan bagaimana sintaksis RBL yang terintegrasi dengan pendekatan STEM. Hasil utama adalah kerangka aktivitas pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM: penerapan teknik pewarnaan pelangi antiajaib dalam penyelesaian masalah sistem keamanan *e-commerce* untuk meningkatkan kemampuan kombinatorial mahasiswa yang berupa tahapan 1-6 dan kegiatan pembelajarannya. Termasuk dalam hasil penelitian ini adalah mengembangkan kerangka instrumen tes terkait dengan kemampuan kombinatorial mahasiswa. Dengan hasil penelitian ini, maka

penelitian lanjutan terkait pengembangan perangkat dan analisis implementasi RBL-STEM dapat dengan mudah dilakukan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh hibah Riset Keilmuan, LPDP-Indonesia Tahun 2021-2022 dan kelompok riset CEREBEL serta CGANT, oleh karena itu disampaikan terimakasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggraeni, Dafik, dan I. M. Tirta. 2019. The analysis of the application of discovery learning in improving student's combinatorial thinking skill to solve local super antimagic face coloring problem. *Journal of Physics: Conference Series*. 1211(1).
- [2] Ebal, C. D., M. J. F. Luga, M. R. O. Flores, D. Joma, P. Zabala, A. T. Buan, dan C. Yuenyong. 2019. Linear equations in two variables stem education learning activities: developing the household power consumption calculator app. *Journal of Physics: Conference Series - International Annual Meeting on STEM Education (I AM STEM) 2018*. 1340(1).
- [3] Gita, R. S. D., Waluyo, J., Dafik, & Indrawati. (2021). On the shrimp skin chitosan STEM education research-based learning activities: Obtaining an alternative natural preservative for processed meat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 747(1).
- [4] Maylisa, I. N., Dafik, A. F. Hadi, Y. Wangguway, dan L. O. Harjito. 2020. The influence of research-based learning implementation in improving students' combinatorial thinking skills in solving local irregularity vertex r-dynamic coloring. *Journal of Physics: Conference Series - ICCGANT 2019*. 1538(1).
- [5] Nazula, N. H., Dafik, dan Slamin. 2019. The profile of students' creative thinking skills in solving local antimagic vertex coloring problem in researchbased learning. *Journal of Physics: Conference Series - ICCGANT 2018*. 1211(1).
- [6] Subekti, H., A. R. Purnomo, H. Susilo, I. Ibrohim, dan H. Suwono. 2018. Comparison of student achievement in agricultural biotechnology-stem

integrated using research based learning. *Journal of Physics: Conference Series - MISEIC 2018*. 1108(1).

- [7] Sulistiyono, B., Wangguway, Y., & Al Jabbar, Z. L. 2020. Students' creative-innovative thinking skill in solving rainbow antimagic coloring under research based learning model. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1538, No. 1, p. 012096). IOP Publishing.
- [8] Suntusia, Dafik, dan Hobri. 2019. The effectiveness of research based learning in improving students' achievement in solving two-dimensional arithmetic sequence problems. *International Journal of Instruction*. 12(1):17–32.
- [9] Syahputra, E. 2016. Combinatorial thinking (analysis of student difficulties and alternative solution). *Researchgate - The Third Annual International Seminar On Trends In Science and Science Education*. 1–13.

TENTANG PENULIS



Penulis 1 bernama Jean Claudia Joedo dan dilahirkan di Bondowoso pada tanggal 29 Juni 1998 dari pasangan Haitono Joedo dan Ifa Wilantika. Lahir sebagai anak pertama dengan dua orang adik laki-laki bernama Raymond Joe dan Samuel Joe Jr. Penulis menyelesaikan pendidikan formalnya pada tahun 2010 di SD SHINTA Jember, tahun 2013 di SMPK Santo Petrus Jember, tahun 2016 di SMAK Santo Paulus, tahun 2020 di Perguruan Tinggi tingkat S1 di Jurusan Pendidikan Matematika, FKIP Universitas Jember. Pada tahun 2020, penulis berkesempatan melanjutkan kembali studi ke Perguruan Tinggi tingkat S2 di Program Studi Magister Pendidikan Matematika, FKIP Universitas Jember. E-mail: jeanclaudiaj29@gmail.com.



Penulis 2 bernama Dafik dan dilahirkan di Situbondo pada tanggal 2 Agustus 1968. Pada tahun 1987-1992 Beliau menempuh pendidikan tingkat S1 di Jurusan Pendidikan Matematika, Universitas Jember. Lalu pada tahun 1996-1998 Beliau menempuh pendidikan tingkat S2 bidang Matematika: Numerical Computation di University of Manchester Institute of Science and Technology Manchester, UK. Kemudian pada Tahun 2004-2007 Beliau menempuh pendidikan tingkat S3 bidang Matematika: Combinatorics and Graph Theory di University of Ballarat, Victoria, Australia. Lalu pada tahun 2013 Beliau memperoleh gelar Profesor di bidang Combinatorics, Graph Theory dan Combinatorial Education dan menjadi Ketua Research Group CGANT UNEJ sejak tahun 2017. E-mail: d.dafik@unej.ac.id.



Penulis 3 bernama I Made Tirta. Penulis lahir di Bali pada tanggal 20 Desember 1959. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat strata I di Universitas Udayana pada tahun 1984. Kemudian penulis melanjutkan studinya di The University of New England dan mendapatkan gelar Doctor of Philosophy (Ph.D) pada tahun 2001. Beliau sekarang menjadi dosen di Jurusan Matematika Universitas Jember dengan jabatan fungsional sebagai Guru Besar dan menekuni bidang Matematika Statistik, khususnya program *R-shiny*.
Email: itirta.fmipa@unej.ac.id.

