



**PROFIL KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF  
MAHASISWA MENYELESAIKAN PERMASALAHAN  
*LOCAL ANTIMAGIC VERTEX COLORING* DALAM  
*RESEARCH BASED LEARNING***

**TESIS**

**Oleh**

**Nuris Hisan Nazula  
NIM 150220101002**

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**PROFIL KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF  
MAHASISWA MENYELESAIKAN PERMASALAHAN  
*LOCAL ANTIMAGIC VERTEX COLORING* DALAM  
*RESEARCH BASED LEARNING***

**TESIS**

diajukan sebagai tugas akhir guna memenuhi syarat untuk menyelesaikan  
Program Magister Pendidikan Matematika dan  
meraih gelar Magister Pendidikan

Oleh

**Nuris Hisan Nazula  
NIM 150220101002**

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

**HALAMAN PENGAJUAN**

**PROFIL KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF MAHASISWA  
MENYELESAIKAN PERMASALAHAN *LOCAL ANTIMAGIC  
VERTEX COLORING* DALAM *RESEARCH  
BASED LEARNING***

**TESIS**

Diajukan untuk dipertahankan di depan penguji sebagai syarat untuk mendapatkan gelar  
Magister Pendidikan pada Program Studi Magister Pendidikan Matematika  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember

Disusun Oleh:

Nama : Nuris Hisan Nazula  
NIM : 150220101002  
Angkatan : 2015  
Tempat/Tanggal Lahir : Banyuwangi, 11 Maret 1993  
Daerah Asal : Banyuwangi  
Program Studi : Pendidikan Matematika

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

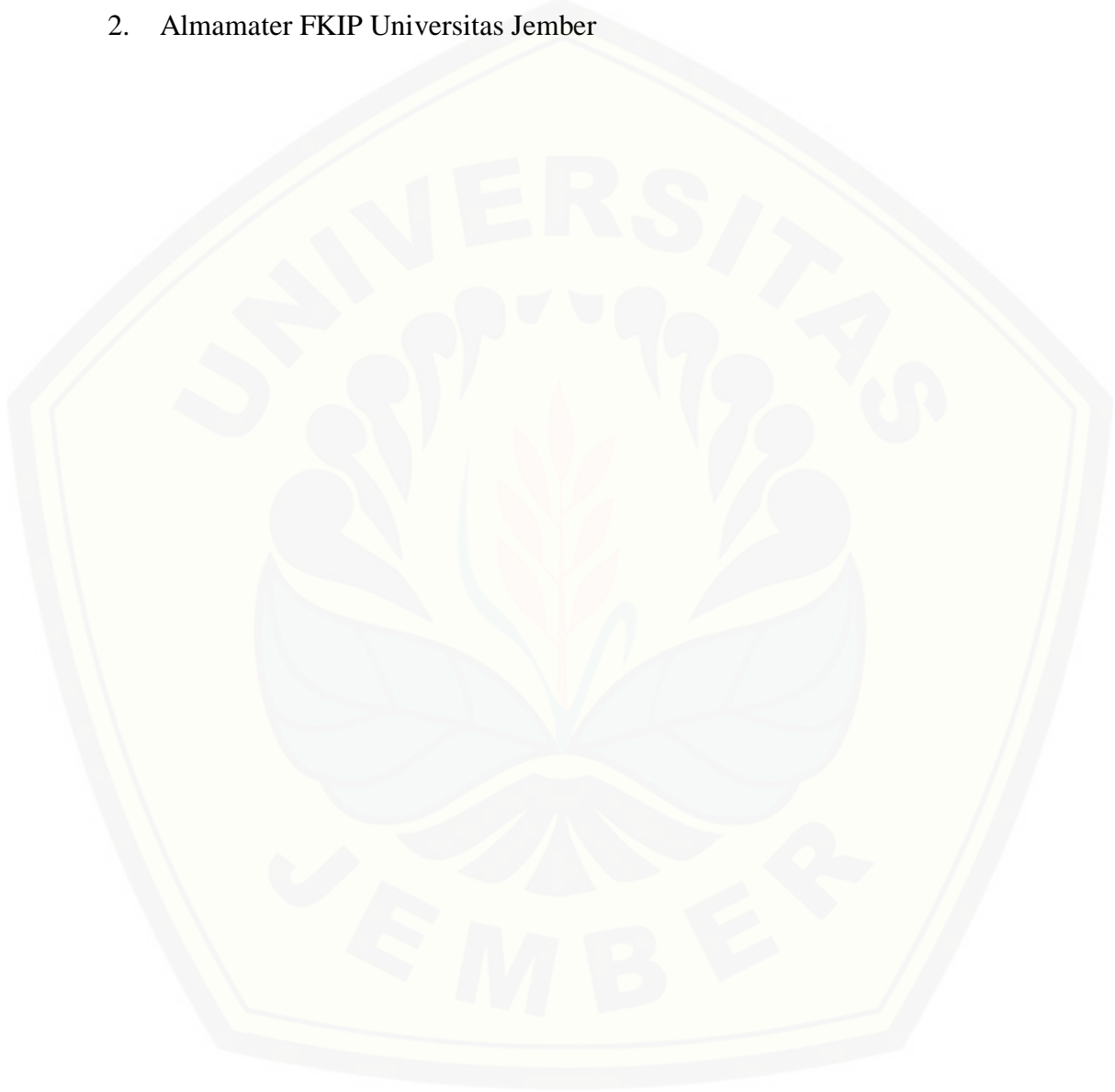
Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 196808021993031004

Prof. Drs. Slamir, M.Comp.Sc., Ph.D.  
NIP. 196704201992011001

**HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tesis ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Hj. Siti Maqbulah dan Ayahanda H. Abdul Lathief Harun
2. Almamater FKIP Universitas Jember



**MOTTO**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Surat *Al-Baqarah* ayat 286)

“Keingintahuan adalah kunci kreativitas”

(Akio Morita)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nuris Hisan Nazula

NIM : 150220101002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Profil Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa Menyelesaikan Permasalahan Local Antimagic Vertex Coloring dalam Research Based Learning” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengans sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Maret 2019

Nuris Hisan Nazula

NIM 150220101002

**TESIS**

**PROFIL KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF MAHASISWA  
MENYELESAIKAN PERMASALAHAN *LOCAL ANTIMAGIC VERTEX  
COLORING* DALAM *RESEARCH BASED LEARNING***

Oleh

Nuris Hisan Nazula  
NIM 150220101002

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Drs. Slamim, M.Comp.Sc., Ph.D.

**PENGESAHAN**

Karya ilmiah tesis berjudul “Profil Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa Menyelesaikan Permasalahan *Local Antimagic Vertex Coloring* dalam *Research Based Learning*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Jember, 29 Maret 2019

Tempat : FKIP Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 196808021993031004

Prof. Drs. Slamin, M.Comp.Sc., Ph.D.  
NIP. 196704201992011001

Anggota I

Anggota II

Anggota III

Prof. I Made Tirta, M.Sc, Ph.D.  
NIP. 195912201985031002

Dr. Hobri, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 197305061997021001

Dr. Susanto, M.Pd.  
NIP. 196306161988021001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Jember

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 196808021993031004



## RINGKASAN

**Profil Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa Menyelesaikan Permasalahan Local Antimagic Vertex Coloring dalam Research Based Learning;** Nuris Hisan Nazula, 150220101002; 2019; 67 halaman; Program Studi Magister Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Menghadapi tantangan masa depan dalam era globalisasi ini menuntut individu untuk memiliki berbagai keterampilan salah satunya keterampilan berpikir kreatif. Karenanya sekolah dan perguruan tinggi sebagai lembaga pendidikan formal seharusnya melaksanakan pembelajaran yang dapat mengembangkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik. Mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dalam pembelajaran dapat dilaksanakan salah satunya dengan menerapkan Pembelajaran Berbasis Riset (PBR) atau *Research Based Learning* (RBL). Di program studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember mahasiswa sering melaksanakan penelitian mengenai graf. Penelitian yang sering dilakukan yaitu mengenai pelabelan. Salah satu pelabelan yang masih baru yaitu *local antimagic vertex coloring*. Karena itu dalam penelitian ini akan dipaparkan mengenai efektifitas RBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dan bagaimana profil keterampilan berpikir mahasiswa dalam materi *local antimagic vertex coloring*.

Subyek penelitian adalah mahasiswa Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember semester 5 tahun ajaran 2017-2018. Pengumpulan data dilakukan mulai pada tanggal 13 September 2017 sampai dengan 27 September 2017. Metode penelitian yang digunakan adalah metode campuran, yaitu gabungan antara penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif. Pengumpulan data dilakukan dengan metode tes, wawancara dan observasi. Hasil penelitian dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif.

Penelitian diawali dengan memberikan *pre-test* pada dua kelas, dimana satu kelas menjadi kelas kontrol dan satu kelas menjadi kelas eksperimen. Masing-

masing kelas terdiri dari 36 mahasiswa. Kemudian kedua kelas diberi materi *local antimagic vertex coloring* dengan pembelajaran yang berbeda. Kelas eksperimen diberikan pembelajaran RBL sedangkan kelas kontrol diberi pembelajaran konvensional. Selama pembelajaran RBL dilakukan observasi untuk melihat keaktifan mahasiswa. Setelah itu kedua kelas diberi *post-test*. Langkah terakhir adalah wawancara.

Hasil analisis data kuantitatif menunjukkan bahwa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki kemampuan awal yang diketahui dari hasil tes homogenitas nilai *pre-test* kedua kelas. Kemudian hasil dari *independent sample t-test* nilai *post-test* diketahui bahwa kedua kelas memiliki perbedaan yang signifikan dimana kelas eksperimen memiliki rata-rata lebih tinggi. Dari hasil observasi juga diketahui bahwa mahasiswa dalam kelas eksperimen sebagian besar aktif mengikuti pembelajaran. Dari hasil analisis kualitatif, ditemukan pada aspek kefasihan sebanyak 22 mahasiswa memiliki keterampilan sangat baik, 11 mahasiswa memiliki keterampilan baik, dan 3 mahasiswa memiliki keterampilan kurang baik. Pada aspek fleksibilitas didapatkan 17 mahasiswa memiliki keterampilan sangat baik, 14 mahasiswa memiliki keterampilan baik, dan 5 mahasiswa memiliki keterampilan kurang baik. Pada aspek kebaruan didapatkan 14 mahasiswa memiliki keterampilan sangat baik, 13 mahasiswa memiliki keterampilan baik, dan 9 mahasiswa memiliki keterampilan kurang baik.

Dari hasil wawancara pada 3 mahasiswa diperoleh alur berpikir dari mahasiswa dengan keterampilan sangat baik, baik, dan kurang baik. Mahasiswa dengan keterampilan berpikir sangat baik memenuhi semua indikator pada masing-masing aspek dari keterampilan berpikir kreatif kreatif. Mahasiswa dengan keterampilan berpikir kreatif baik memenuhi sebagian besar indikator pada masing-masing aspek. Sedangkan mahasiswa dengan keterampilan berpikir kreatif kurang baik hanya memenuhi sebagian kecil indikator.

## PRAKATA

*Alhamdulillah*, puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Profil Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa Menyelesaikan Permasalahan *Local Antimagic Vertex Coloring* dalam *Research Based Learning*”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan magister pada program studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan Tesis ini tidak lepas dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dekan FKIP Universitas Jember;
2. Kaprodi Magister Pendidikan Matematika Universitas Jember;
3. Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota;
4. Seluruh dosen Program Studi Magister Pendidikan Matematika;
5. Teman-teman mahasiswa Magister Pendidikan Matematika angkatan 2015;
6. Seluruh mahasiswa yang menjadi subjek penelitian.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua. *Aamiin*.

Jember, Maret 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN .....	vi
HALAMAN PENGESAHAN .....	vii
RINGKASAN .....	viii
PRAKATA .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Kebaruan Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Keterampilan Berpikir Kreatif .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 <i>Research Based Learning (RBL)</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Teori Graf .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5 Tinjauan Hasil Penelitian yang Relevan .....</b>	<b>21</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Jenis Penelitian .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Daerah dan Subjek Penelitian .....</b>	<b>24</b>

3.3 Definisi Operasional .....	25
3.4 Prosedur Penelitian .....	25
3.5 Instrumen Penelitian .....	27
3.6 Metode Pengumpulan Data .....	30
3.7 Analisis Data .....	31
3.8 Potret Fase .....	33
3.9 Monograf .....	34
<b>BAB 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Pelaksanaan Penelitian .....	35
4.2 Hasil Analisis Data .....	36
4.2.1 Uji Validitas LKM, <i>Pre-Test</i> , dan <i>Post-Test</i> .....	36
4.2.2 Uji Validitas Pedoman Wawancara .....	36
4.3 Analisis Data .....	37
4.3.1 Hasil <i>Pre-Test</i> .....	37
4.3.2 Hasil <i>Post-Test</i> .....	41
4.3.3 Profil Keterampilan Berpikir Kreatif .....	45
4.3.4 Potret Fase .....	62
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>68</b>
5.1 Kesimpulan .....	68
5.2 Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>74</b>

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Level Taksonomi Bloom setelah direvisi .....	6
Gambar 2.2 Bagan Alur Pelaksanaan <i>Research Based Learning</i> .....	12
Gambar 2.3 Contoh Graf .....	13
Gambar 2.4 (a) Graf sederhana dan (b) Graf tidak sederhana .....	14
Gambar 2.5 Graf $P_n$ dengan $n = 3, n = 4, n = 5,$ dan $n = 6$ .....	15
Gambar 2.6 Graf $P_6$ beserta notasinya .....	15
Gambar 2.7 Pelabelan <i>local antimagic vertex coloring</i> pada $P_6$ .....	16
Gambar 2.8 Pelabelan <i>local antimagic vertex coloring</i> pada $P_9$ .....	16
Gambar 2.9 Graf $C_8$ .....	20
Gambar 3.1 Model Triangulasi .....	28
Gambar 4.1 Persentase Keterampilan Berpikir Kreatif	
Kelas Kontrol dan Eksperimen .....	36
Gambar 4.2 Distribusi Keterampilan Berpikir Kreatif	
Kelas Kontrol dan Eksperimen .....	38
Gambar 4.3 Persentase Keterampilan Berpikir Kreatif	
Kelas Kontrol dan Eksperimen .....	42
Gambar 4.4 Distribusi Keterampilan Berpikir Kreatif	
Kelas Kontrol dan Eksperimen .....	43
Gambar 4.5 Distribusi hasil observasi pada seluruh subjek	
di kelas eksperimen .....	44
Gambar 4.6 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S1 (a) .....	45
Gambar 4.7 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S1 (b) .....	45
Gambar 4.8 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S24 (a) .....	46
Gambar 4.9 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S24 (b) .....	47
Gambar 4.10 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S34 .....	48
Gambar 4.11 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S2 (a) .....	49
Gambar 4.12 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S2 (b) .....	50
Gambar 4.13 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S24 (a) .....	51

Gambar 4.14 Kutipan Hasil <i>Post-Test</i> oleh S24 (b) .....	51
Gambar 4.15 Kutipan Hasil <i>Post-Test</i> oleh S24 (c) .....	52
Gambar 4.16 Kutipan Hasil <i>Post-Test</i> oleh S34 (a) .....	53
Gambar 4.17 Kutipan Hasil <i>Post-Test</i> oleh S34 (b) .....	53
Gambar 4.18 Kutipan Hasil <i>Post-Test</i> oleh S34 (c) .....	54
Gambar 4.19 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S3 .....	55
Gambar 4.20 Kutipan jawaban <i>post-test</i> oleh S4 .....	56
Gambar 4.21 Portrait Fase Berpikir Kreatif Siswa S1 .....	58
Gambar 4.22 Portrait Fase Berpikir Kreatif Siswa S24 .....	60
Gambar 4.23 Portrait Fase Berpikir Kreatif Siswa S34 .....	61

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Kata Kerja pada Taksonomi Bloom .....	7
Tabel 2.2 Komponen Berpikir Kreatif dalam Pemecahan Masalah Menurut Silver .....	8
Tabel 2.3 Indikator Kemampuan Berpikir Kreatif .....	9
Tabel 2.4 Beberapa Temuan Pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> .....	20
Tabel 2.5 Perbandingan Penelitian Terdahulu .....	21
Tabel 3.1 Desain Kuasi-Eksperimental .....	23
Tabel 3.2 Kriteria Validitas Instrumen .....	31
Tabel 4.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....	34
Tabel 4.2 Kategori Penafsiran Keterampilan Berpikir Kreatif .....	37
Tabel 4.3 Homogenitas hasil pre-test antara kelas kontrol dan kelas eksperimen .....	39
Tabel 4.4 Rata-rata nilai pre-test kelas kontrol dan kelas eksperimen .....	39
Tabel 4.5 Perbandingan nilai <i>pre-test</i> kelas kontrol dan kelas eksperimen menggunakan <i>independent sample t-test</i> .....	39
Tabel 4.6 Hasil tes normalitas nilai <i>post-test</i> kelas kontrol dan kelas eksperimen .....	40
Tabel 4.7 Perbandingan nilai <i>post-test</i> kelas kontrol dan kelas eksperimen menggunakan <i>independent sample t-test</i> .....	41
Tabel 4.8 Rata-rata nilai <i>post-test</i> kelas kontrol dan kelas eksperimen .....	41
Tabel 4.9 Perbandingan hasil pekerjaan subjek penelitian pada aspek kefasihan .....	49
Tabel 4.10 Perbandingan hasil pekerjaan subjek penelitian pada aspek fleksibilitas .....	56
Tabel 4.11 Perbandingan hasil pekerjaan subjek penelitian pada aspek kebaruan .....	61



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran A .....	74
Lampiran B1 .....	76
Lampiran B2 .....	79
Lampiran B3 .....	82
Lampiran B4 .....	89
Lampiran B5 .....	99
Lampiran B6 .....	100
Lampiran C1 .....	102
Lampiran C2 .....	104
Lampiran C3 .....	106
Lampiran C4 .....	108
Lampiran D1 .....	109
Lampiran D2 .....	113
Lampiran D3 .....	117
Lampiran D4 .....	121
Lampiran E1 .....	123
Lampiran E2 .....	124
Lampiran E3 .....	125
Lampiran E4 .....	126
Lampiran F .....	127
Lampiran G .....	130
Lampiran H .....	133
Lampiran I .....	153
Lampiran J .....	158
Lampiran K .....	173

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menghadapi tantangan masa depan dalam era globalisasi ini menuntut individu untuk memiliki berbagai keterampilan salah satunya keterampilan berpikir kreatif. Seperti yang diungkapkan Mursidik (2015) bahwa kompetensi berpikir kreatif bagi peserta didik merupakan hal yang sangat penting dalam era persaingan global sebab tingkat kompleksitas permasalahan dalam segala aspek kehidupan modern semakin tinggi. Sejalan dengan itu Türkmen (2015) juga mengungkapkan bahwa salah satu keterampilan berpikir yang penting untuk dikembangkan pada bidang pendidikan adalah keterampilan berpikir kreatif. Dalam Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 pun disebutkan bahwa pendidikan nasional mempunyai fungsi untuk mengembangkan potensi peserta didik agar menjadi manusia yang kreatif. Ersoy dan Başer (2014) mengungkapkan bahwa fungsi pendidikan yang paling penting adalah melatih seseorang yang dapat percaya diri, ingin tahu, kreatif, inovatif dan juga mampu memahami perbedaan. Karenanya sekolah dan perguruan tinggi sebagai lembaga pendidikan formal seharusnya melaksanakan pembelajaran yang dapat mengembangkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik.

Berpikir kreatif adalah aktivitas mental untuk mengembangkan atau menemukan ide-ide asli (orisinil), estetis, konstruktif yang berhubungan dengan pandangan konsep, dan menekankan pada aspek berpikir intuitif dan rasional (Arnyana, 2006). Berpikir kreatif tentu tidak terlahir dengan sendirinya. Menurut Starko (dalam Kuswanto, 2016) kreativitas berpikir dapat dikembangkan melalui pembelajaran. Beberapa penelitian menyatakan bahwa keterampilan berpikir kreatif siswa mengalami peningkatan setelah diterapkan pembelajaran tertentu seperti hasil penelitian yang dilakukan oleh Yuliani (2017) yang menerapkan pendekatan saintifik dan Isti (2013) yang menerapkan model pembelajaran inkuiri. Selain pendekatan dan model pembelajaran tersebut, mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dalam pembelajaran dapat dilaksanakan salah satunya

dengan menerapkan Pembelajaran Berbasis Riset (PBR) atau *Research Based Learning* (RBL).

RBL dapat mengeksplor keterampilan berpikir kreatif peserta didik karena salah satu karakteristik dari RBL adalah kreatif seperti yang diungkapkan oleh Wardoyo (2013). RBL adalah pembelajaran yang didasarkan pada pendekatan penelitian (riset) sebagai langkah pelaksanaan dalam prosesnya (Wardoyo, 2013). *Research Based Learning* (RBL) merupakan sebuah konsep multi aspek yang mengacu pada strategi belajar dan mengajar yang menghubungkan penelitian dan pengajaran (Sota and Peltzer, 2017). Pembelajaran berbasis riset bersifat otentik *problem solving* dengan sudut pandang formulasi permasalahan, penyelesaian masalah, dan mengkomunikasikan manfaat hasil penelitian dan hal tersebut diyakini mampu meningkatkan mutu pembelajaran Rangkuti (2016).

Salah satu sarana untuk mengembangkan kemampuan berpikir kreatif bagi mahasiswa pada pendidikan matematika adalah melalui penelitian-penelitian di bidang matematika. Salah satu penelitian yang banyak dilakukan oleh mahasiswa S1 pendidikan matematika di Universitas Jember adalah penelitian dalam pokok kajian teori graf. Penelitian yang paling sering dilakukan adalah pelabelan pada graf, seperti penelitian yang dilakukan oleh Novindasari (2015) mengenai nilai ketakteraturan total sisi dari graf siput dan penelitian oleh Hadi (2014) mengenai pelabelan total super  $(a, d)$ -sisi antimagic. Dalam teori graf terdapat banyak sekali jenis pelabelan. Salah satu yang terbaru adalah *local antimagic vertex coloring* yang dikenalkan oleh Arumugam (2017).

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul “Profil Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa Menyelesaikan Permasalahan *Local Antimagic Vertex Coloring* dalam *Research Based Learning*”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah efektifitas *research based learning* pada keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan *local antimagic vertex coloring*?
2. Bagaimanakah profil berpikir kreatif mahasiswa menyelesaikan permasalahan *local antimagic vertex coloring* dalam *research based learning*?
3. Bagaimanakah potret fase keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan *Local Antimagic Vertex Coloring*?
4. Bagaimanakah monograf dari hasil generalisasi penyelesaian mahasiswa dalam permasalahan *local antimagic vertex coloring* dalam *research based learning*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efektifitas *research based learning* pada keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan *local antimagic vertex coloring*
2. Untuk memaparkan profil berpikir kreatif mahasiswa menyelesaikan permasalahan *local antimagic vertex coloring* dalam *research based learning*
3. Untuk mengetahui potret fase keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan *Local Antimagic Vertex Coloring*?
4. Untuk mengetahui monograf dari hasil generalisasi penyelesaian mahasiswa dalam permasalahan *local antimagic vertex coloring* dalam *research based learning*?

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat, antara lain:

1. bagi peneliti, penelitian ini memberikan pengalaman yang sangat berharga yaitu menerapkan dan mengembangkan pengetahuan yang dimiliki, serta menambah wawasan dalam penelitian bidang pendidikan.
2. bagi mahasiswa, instrumen penelitian ini dapat melatih dan mengasah kemampuan berpikir kreatif pada materi *local antimagic vertex coloring*.

3. bagi peneliti lain, dapat menjadi bahan referensi untuk penelitian sejenis.

### 1.5 Kebaruan Penelitian

Penelitian ini memiliki kebaruan yaitu penerapan *research based learning* agar mahasiswa dapat mengkonstruksi dan menemukan sendiri pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada graf serta pengembangan monograf pada kajian *local antimagic vertex coloring* dalam teori graf.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Keterampilan Berpikir Kreatif

Berpikir kreatif dapat didefinisikan sebagai seluruh rangkaian kegiatan kognitif yang digunakan oleh individu sesuai dengan objek, masalah dan kondisi tertentu, atau jenis usaha terhadap peristiwa dan masalah tertentu berdasarkan kapasitas individu (Birgili, 2015).

Berpikir kreatif adalah kemampuan otak seseorang pada tingkat tertinggi yang diperlukan untuk membangun pengetahuan pada dirinya. Keterampilan berpikir kreatif dibangun oleh konsep-konsep yang sudah tertanam pada diri siswa yang kemudian konsep serta prinsip-prinsip yang sudah ada tersebut diaplikasikan siswa dalam menyelesaikan suatu permasalahan (Handoko, 2017).

Keterampilan merupakan kemampuan berbuat sesuatu dengan baik. Keterampilan berpikir kreatif (creative thinking) yaitu keterampilan individu dalam menggunakan proses berpikirnya untuk menghasilkan gagasan yang baru, konstruktif berdasarkan konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang rasional maupun persepsi, dan intuisi individu (Ahmadi, dkk, 2011: 111)

Keterampilan berpikir kreatif dibangun oleh konsep-konsep yang sudah tertanam pada diri siswa yang kemudian konsep serta prinsip-prinsip yang sudah ada tersebut diaplikasikan siswa dalam menyelesaikan suatu permasalahan (Handoko, 2017)

Berpikir kreatif adalah sebuah kebiasaan dari fikiran yang dilatih dengan memperhatikan intuisi, menghidupkan imajinasi, mengungkapkan kemungkinan-kemungkinan baru (Yuliani dkk, 2017)

Menurut McGregor (2007) berpikir kreatif adalah berpikir yang mengarah pada pemerolehan wawasan baru, pendekatan baru, perspektif baru, atau cara baru dalam memahami sesuatu. Pehkonen (1997) memandang berpikir kreatif merupakan kombinasi berpikir logis dan berpikir divergen yang didasarkan intuisi tetapi dalam kesadaran. Lebih lanjut Siswono (2006) berpendapat bahwa berpikir kreatif merupakan suatu proses mental yang digunakan seseorang untuk

memunculkan suatu ide atau gagasan yang “baru” secara fasih dan fleksibel. Dari pendapat para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa berpikir kreatif adalah aktivitas mental pada seseorang untuk menghasilkan ide atau cara baru dalam menghasilkan produk secara fasih dan fleksibel.

Berpikir kreatif berhubungan dengan kategori tertinggi pada aspek kognitif dari Taksonomi Bloom. Bloom membagi level berpikir menjadi enam level, yaitu *knowledge*, *comprehension*, *application*, *analysis*, *synthesis*, dan *evaluation*. Kemudian taksonomi tersebut direvisi oleh Anderson et. al. (2001) menjadi mengingat (*remember*), memahami (*understand*), menerapkan (*apply*), menganalisis (*analyze*), evaluasi (*evaluate*) dan mencipta (*create*). Kategori tertinggi yaitu mencipta (*Create*) yang artinya meletakkan elemen-elemen secara bersama-sama untuk membentuk suatu keseluruhan yang berkaitan dan fungsional atau mengatur kembali (reorganisasi) elemen-elemen ke dalam suatu struktur atau pola-pola baru. Dalam mencipta tersebut dikaitkan dengan tiga proses kognitif, yaitu pembangkitan (*generating*), perencanaan (*planning*) dan menghasilkan (*producing*) (Krathwohl, 2002). Gambar 2.1. menunjukkan level berpikir pada Taksonomi Bloom setelah direvisi oleh Anderson, et al.



Gambar 2.1. Level Taksonomi Bloom setelah direvisi (Dafik, 2016)

Pada taksonomi Bloom terdapat kata kerja untuk masing-masing kategori seperti dalam tabel berikut.

Tabel 2.1. Kata Kerja pada Taksonomi Bloom

Kategori	Definisi	Kata Kerja
Mengingat	Menunjukkan ingatan akan materi yang telah dipelajari sebelumnya dengan mengingat fakta, istilah, konsep dasar, dan jawaban	Memilih, menetapkan, menunjukkan
Memahami	Mendemonstrasikan pemahaman dari fakta dan ide-ide dengan mengorganisasikan, membandingkan, menerjemahkan, menafsirkan, memberi deskripsi, dan menyatakan ide-ide utama	Menjelaskan, menterjemahkan
Menerapkan	Memecahkan masalah pada situasi baru dengan menerapkan pengetahuan, fakta, teknik, dan aturan yang telah diperoleh dengan cara yang berbeda	Menerapkan, mengenali, memanfaatkan
Menganalisis	Memeriksa dan memecah informasi menjadi beberapa bagian dengan mengidentifikasi motif atau penyebab, membuat kesimpulan, dan menemukan bukti untuk mendukung generalisasi	Menganalisa, mengkategorikan
Evaluasi	Menyajikan dan mempertahankan pendapat dengan membuat penilaian tentang informasi, keabsahan dari ide-ide atau kualitas kerja berdasarkan himpunan kriteria.	Menilai, menyimpulkan, memutuskan, menafsirkan
Mencipta	Menyusun informasi bersama dengan cara berbeda dengan	Membangun, menyusun, membuat,



	menggabungkan elemen pada pola baru atau mengusulkan alternatif solusi	mendesain, memodifikasi, mengembangkan, menciptakan
--	------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

Kwartolo (2012)

Perbedaan pandangan para ahli mengenai berpikir kreatif menghasilkan aspek-aspek berpikir kreatif yang berbeda pula. Silver (1997) memberikan tiga komponen berpikir kreatif yaitu kefasihan, fleksibilitas, dan kebaruan. Ketiga komponen tersebut meninjau hal yang berbeda dan saling berdiri sendiri. Sehingga memungkinkan individu memenuhi tiga komponen sekaligus, dua komponen saja, atau satu komponen saja. Lebih lanjut indikator berpikir kreatif berdasarkan pemecahan masalah menurut Silver dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Komponen Berpikir Kreatif dalam Pemecahan Masalah Menurut Silver

Komponen	Pemecahan Masalah
Kefasihan	Siswa menyelesaikan masalah dengan bermacam-macam interpretasi solusi dan jawaban
Fleksibilitas	Siswa menyelesaikan (atau menyatakan atau justifikasi) dalam satu cara, kemudian dengan cara lain. Siswa mendiskusikan berbagai metode penyelesaian.
Kebaruan	Siswa memeriksa bagaimana metode penyelesaian atau jawaban-jawaban (pernyataan atau justifikasi) kemudian membuat metode lain yang berbeda.

(Silver, 1997)

Siswono (2005) menjelaskan kemampuan berpikir kreatif itu meliputi kemampuan:

- a. memahami informasi masalah, yaitu menunjukkan apa yang diketahui dan apa yang ditanyakan.
- b. menyelesaikan masalah dengan bermacam-macam jawaban (kefasihan).
- c. menyelesaikan masalah dengan satu cara kemudian dengan cara lain dan siswa memberikan penjelasan tentang berbagai metode penyelesaian itu (fleksibilitas).
- d. memeriksa jawaban dengan berbagai metode penyelesaian dan kemudian membuat metode baru yang berbeda (kebaruan)

Pada penelitian ini indikator dalam menentukan kemampuan berpikir kreatif mahasiswa hanya dinilai dalam tiga aspek mengacu pada tiga komponen menurut Silver (1997) yaitu kefasihan (*fluency*), fleksibilitas (*flexibility*), dan kebaruan (*novelty*). Berikut ini indikator kemampuan berpikir kreatif dalam penelitian ini yang dikembangkan dari komponen berpikir kreatif menurut Silver (1997) dan Siswono (2005).

Tabel 2.3. Indikator Kemampuan Berpikir Kreatif

Komponen	Indikator
Kefasihan	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Peserta didik mampu memberikan pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> pada graf dengan benar</li> <li>b. Peserta didik mampu menentukan bilangan kromatik dari pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> yang telah dibuat</li> </ol>
Fleksibilitas	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Peserta didik mampu menyusun notasi pada graf dan menentukan himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik, banyak sisi, serta derajat tertinggi.</li> <li>b. Peserta didik mampu menemukan fungsi pewarnaan sesuai dengan pewarnaan dan notasi titik yang diberikan pada graf</li> </ol>
Kebaruan	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Peserta didik mampu menciptakan sebuah graf baru yang belum diteliti dalam konsep <i>local antimagic vertex coloring</i></li> <li>b. Mampu menghasilkan gagasan-gagasan asli sebagai hasil pemikiran sendiri</li> </ol>

## 2.2 *Research Based Learning (RBL)*

*Research based learning (RBL)* menurut Chrysti (2014) merupakan metode pengajaran yang menggunakan riset dalam proses pembelajarannya. Dafik (2016) mengatakan bahwa RBL merupakan metode pembelajaran yang menggunakan *contextual learning*, *authentic learning*, *problem-solving*, *cooperative learning*, *hands on & minds on learning*, dan *inquiry discovery approach*. Blackmore dan Fraser (dalam Sanit Srikoon dkk, 2014) mengatakan bahwa *research based learning* dapat meningkatkan prestasi akademik, mendukung pembelajaran tentang bagaimana untuk mempelajari dan mengkonstruksi pengetahuan baru oleh seseorang. Tungkasamit dan Junpeng (2012) berpendapat bahwa tujuan dari *research based learning* adalah untuk menyediakan konten dan materi peserta didik dengan berpartisipasi dalam kegiatan penelitian. Target dari RBL dalam penerapannya di perkuliahan adalah mendorong terciptanya keterampilan berpikir tingkat tinggi pada diri dosen dan mahasiswa. Karenanya RBL sesuai digunakan dalam penelitian ini karena seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa berpikir kreatif merupakan kemampuan berpikir tingkat tinggi terkait dengan Taksonomi Bloom.

Pembelajaran berbasis riset didasari filosofi konstruktivisme yang mencakup empat aspek yaitu pembelajaran yang membangun pemahaman mahasiswa, pembelajaran dengan mengembangkan *prior knowledge*, pembelajaran yang merupakan proses interaksi sosial dan pembelajaran bermakna yang dicapai melalui pengalaman nyata (Chrysti, 2014).

Wardoyo (2013) menyatakan ada tujuh karakteristik RBL, yaitu:

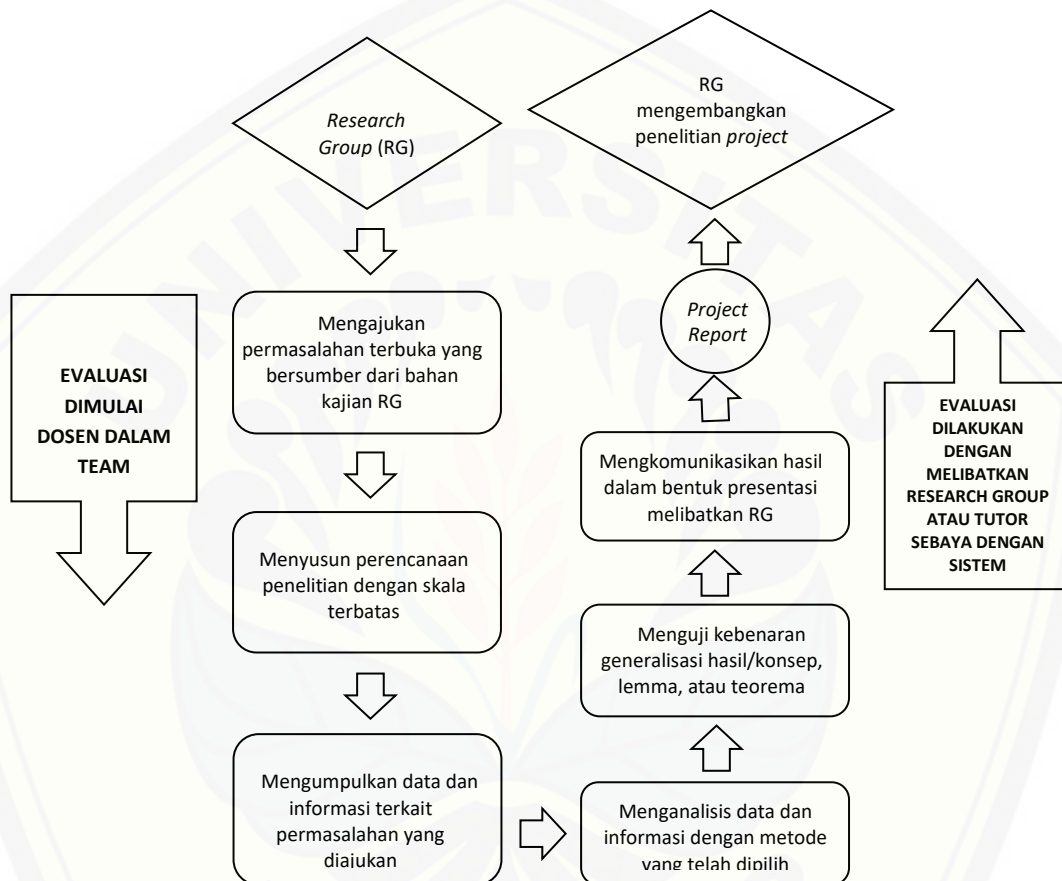
- a. Sistematis, artinya kegiatan pembelajaran berjalan secara tersistem dan terprogram sesuai dengan langkah-langkah yang ditentukan.
- b. Aktif, yaitu aktivitas belajar yang dilakukan merupakan kegiatan belajar siswa yang melibatkan otak (pikiran) untuk mengkaji gagasan, memecahkan masalah, dan menerapkan apa yang mereka pelajari.
- c. Kreatif. Kreatif merupakan ekspresi gagasan dan perasaan serta penggunaan berbagai macam cara untuk melakukannya (Beetlestone dalam Wardoyo, 2013:29)

- d. Inovatif, yaitu proses pembelajaran dapat menghasilkan sesuatu yang baru.
- e. Efektif, yaitu proses pembelajaran yang dilaksanakan mempunyai pengaruh positif bagi perkembangan kompetensi siswa.
- f. Objektif, yaitu keputusan yang diambil dalam proses pembelajaran berdasarkan keadaan sebenarnya tanpa dipengaruhi pendapat pribadi.
- g. Ilmiah, artinya kegiatan pembelajaran didasarkan pada ciri-ciri keilmuan, yaitu rasional, empiris, dan sistematis.

Dafik (2016) mengembangkan tahapan pelaksanaan RBL dalam perkuliahan sebagai berikut:

- a. Mengembangkan kelompok kajian atau *research group* yang beranggotakan minimal tiga orang dosen di level prodi, jurusan, fakultas, atau lintas fakultas.
- b. Memetakan beberapa mata kuliah yang relevan dengan kelompok *research group* ini, kemudian kembangkan silabus, RPS, RTM, LKM, dan Kontrak Perkuliahan bersama untuk menerapkan RBL dalam pembelajaran.
- c. Menerapkan dalam kelas perkuliahan melalui *team teaching*, *contextual teaching*, dan *cooperative learning* melalui tahapan berikut: (1) memberikan informasi pokok tentang materi yang sedang dipelajari, (2) menunjukkan hasil-hasil penelitian dosen dalam kelompok kajian atau *research group* yang berkenaan/bersentuhan dengan materi yang sedang dibahas, (3) membagi mahasiswa dalam kelompok diskusi, (4) memberikan penugasan kepada mahasiswa dalam bentuk diskusi dalam kelompok-kelompok tentang (a) isi pokok penelitian, (b) proses penelitian, (c) cara analisis, (d) perumusan kesimpulan, dan (e) nilai-nilai yang muncul dari hasil penelitian tersebut, (4) dengan dipimpin dosen mahasiswa melakukan diskusi antar kelompok, (5) bersama dosen mahasiswa membuat kesimpulan. Dalam tahapan ini sedapat mungkin mahasiswa lebih terlibat dalam pembelajaran (pembelajaran berpusat pada mahasiswa). Dosen lebih berperan sebagai fasilitator. Bila memungkinkan saat diskusi berlangsung, apabila terdapat persoalan-persoalan yang membutuhkan literatur, dosen dapat menunjukkannya melalui media online (internet) sehingga problematika yang dihadapi mahasiswa dapat terjawab.

- d. Setiap kelompok mengembangkan laporan, slide presentasi dan artikel untuk kemungkinan publikasi dalam skala lokal.
- e. Secara berkesinambungan dosen membawa hasil-hasil PBR dalam perkuliahan ini dalam kelompok kajian, atau research group untuk ditindaklanjuti lebih mendalam oleh mahasiswa yang sedang menempuh skripsi atau thesis.



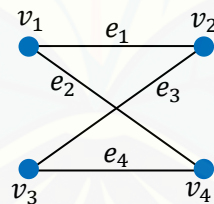
Gambar 2.2. Bagan alur pelaksanaan *Research Based Learning*

Berdasarkan alur tersebut, langkah RBL dalam penelitian ini yaitu, (1) Siswa mengumpulkan informasi mengenai permasalahan dan mencari literatur, (2) Siswa didorong untuk mengidentifikasi permasalahan untuk mengembangkan strategi pemecahan masalah berdasarkan pengalaman eksperimen dan studi literatur, (3) Siswa didorong untuk mengidentifikasi pelabelan local antimagic vertex coloring pada graf dan memulai untuk menggeneralisasikan berdasarkan masing-masing graf, (4) Siswa melengkapi seluruh proses local antimagic vertex

coloring untuk memperoleh bilangan kromatik, dan (5) Siswa menulis laporan RBL yang dipimpin oleh anggota research group.

### 2.3 Teori Graf

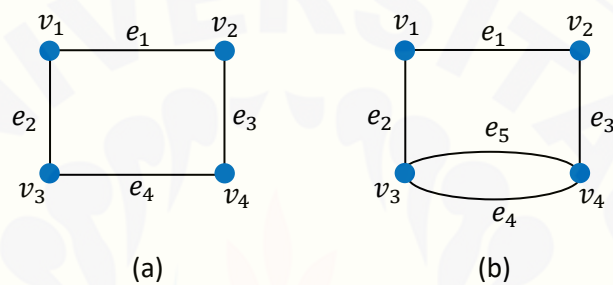
Teori graf merupakan salah satu kajian dari matematika diskrit. Teori graf banyak diterapkan dalam berbagai bidang ilmu seperti *engineering*, fisika, arsitektur, transportasi, teknologi komputer, dan bidang lainnya. Teori graf pertama kali diperkenalkan oleh matematikawan Swiss, Leonhard Euler pada tahun 1736. Pada saat itu Euler berhasil menemukan jawaban mengenai masalah Jembatan Königsberg dengan merepresentasikannya ke dalam graf. Graf sendiri menurut Dafik (dalam Puspasari dkk, 2014) merupakan pasangan himpunan  $(V, E)$  dimana  $V$  adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertex*), bisa ditulis  $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$  dan  $E$  adalah himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul pada graf tersebut, dan ditulis  $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$ . Gambar 2.3. merupakan contoh graf dengan empat titik yaitu  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$  dan empat sisi yaitu  $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$ .



Gambar 2.3. Contoh graf

Banyak titik dalam sebuah graf  $G$  disebut *order* dari  $G$  dan banyak sisi disebut *size* dari  $G$ . Banyak titik biasa dinotasikan dengan  $p$  atau  $|V(G)|$  sedangkan banyak sisi biasa dinotasikan dengan  $q$  atau  $|E(G)|$ . Jika  $uv$  adalah sebuah sisi pada graf  $G$ , maka  $u$  dan  $v$  adalah titik-titik yang *adjacent*. Dua titik yang *adjacent* dikatakan sebagai tetangga satu sama lain. Jika  $uv$  dan  $vw$  adalah dua sisi yang berbeda dalam graf  $G$ , maka  $uv$  dan  $vw$  adalah sisi yang *adjacent*. Sedangkan titik  $u$  dan sisi  $uv$  dikatakan sebagai *incident* satu sama lain (Chartrand dkk, 2009). Misalnya pada Gambar 2.2.  $v_1$  dan  $v_4$  dikatakan bertetangga karena ada sisi  $e_2$  yang

menghubungkan keduanya. Pada graf, jika dua titik dihubungkan oleh lebih dari satu sisi disebut dengan sisi ganda. Sedangkan sebuah sisi yang berhubungan hanya dengan satu titik disebut dengan *loop* (Hartsfields dan Ringel, 1994). Sebuah graf  $G$  dikatakan sederhana jika tidak terdapat *loop* ataupun sisi ganda. Gambar 2.4. (a) merupakan contoh dari graf sederhana, sedangkan gambar 2.4. (b) merupakan graf tidak sederhana karena ada dua titik yang dihubungkan oleh dua sisi, yaitu titik  $v_3$  dan  $v_4$  yang dihubungkan oleh  $e_4$  dan  $e_5$ . Kemudian untuk selanjutnya setiap graf yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah graf terhubung sederhana.



Gambar 2.4. (a) Graf sederhana dan (b) Graf tidak sederhana

#### 2.4 Local Antimagic Vertex Coloring

*Local antimagic vertex coloring* merupakan suatu pelabelan baru yang dikembangkan dari *antimagic labeling* dan *vertex coloring*. Konsep *antimagic labeling* diperkenalkan oleh Hartsfield dan Ringel (dalam Arumugam et al, 2017).  $G = (V, E)$  adalah sebuah graf (berhingga, terhubung, dan tidak berarah) dan  $f: E \rightarrow \{1, 2, \dots, |E|\}$  adalah fungsi bijektif. Untuk setiap titik  $u \in V(G)$ , bobot  $w(u) = \sum_{e \in E(u)} f(e)$ , dimana  $E(u)$  adalah himpunan sisi yang terhubung dengan  $u$ . Jika  $w(u) \neq w(v)$  untuk setiap dua titik yang berbeda  $u$  dan  $v \in V(G)$ , maka  $f$  disebut *antimagic labeling* dari  $G$ . Sebuah graf  $G$  disebut antimagic jika  $G$  memiliki *antimagic labeling*. *Vertex coloring* atau bisa disebut pewarnaan titik pada suatu graf  $G$  adalah memberikan warna berbeda kepada titik-titik di graf  $G$  dengan tujuan setiap dua titik yang bertetangga memiliki warna yang berbeda.

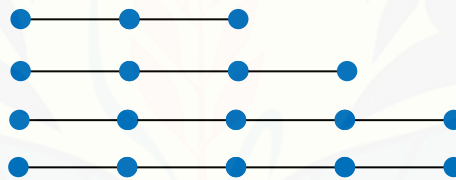
Kemudian Arumugam et al (2017) mengenalkan konsep *local antimagic vertex coloring*. Suatu  $G = (V, E)$  adalah graf terhubung dengan  $|V| = n$  dan  $|E| = m$ . Fungsi bijektif  $f: E \rightarrow \{1, 2, \dots, m\}$  disebut *local antimagic labeling* jika untuk

setiap dua titik  $u$  dan  $v$  yang berdekatan,  $w(u) \neq w(v)$ , dimana  $w(u) = \sum_{e \in E(u)} f(e)$ , dan  $E(u)$  adalah himpunan sisi yang terhubung dengan  $u$ . Sehingga setiap *local antimagic labeling* menyebabkan *vertex coloring* pada graf  $G$  dimana titik  $v$  diberi warna  $w(v)$ . Bilangan kromatik *local antimagic*  $\chi_{la}(G)$  didefinisikan sebagai banyak warna minimal yang digunakan dalam pewarnaan graf  $G$  yang disebabkan *local antimagic labeling*.

Dalam melabeli sebuah graf dengan pelabelan *local antimagic vertex coloring*, langkah-langkah yang perlu dilakukan mahasiswa adalah sebagai berikut.

a. Memilih atau menentukan graf

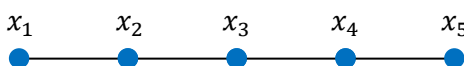
Mahasiswa menentukan terlebih dahulu graf yang nantinya akan dilabeli menggunakan *local antimagic vertex coloring* kemudian menggambar graf tersebut beserta beberapa ekspansinya serta menuliskan nama graf. Misalkan graf yang akan dilabeli graf *Path* ( $P_n$ ) maka mahasiswa harus menggambar beberapa graf  $P_n$  dengan beberapa ekspansinya seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Graf  $P_n$  dengan  $n = 3$ ,  $n = 4$ ,  $n = 5$ , dan  $n = 6$

b. Memberi notasi dan kardinalitas graf

Setelah memilih graf dan menggambarinya, mahasiswa memberi notasi pada titik-titik graf kemudian menentukan himpunan titik  $V$ , himpunan sisi  $E$ , banyak titik  $|V|$ , banyak sisi  $|E|$  dan derajat tertinggi dari graf tersebut. Gambar 2.6. adalah gambar graf  $P_6$  beserta notasinya.



Gambar 2.6. Graf  $P_6$  beserta notasinya



$$V = \{x_i ; 1 \leq i \leq n\}$$

$$E = \{x_i x_{i+1} ; 1 \leq i \leq n - 1\}$$

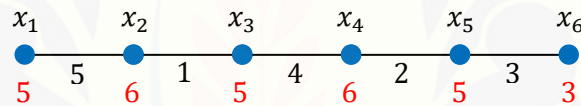
$$|V| = n$$

$$|E| = n - 1$$

$$\Delta = 2$$

- c. Memberi label pada sisi-sisi graf

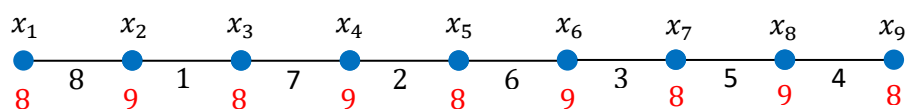
Selanjutnya mahasiswa memberikan label sisi pada graf tersebut sesuai dengan syarat *local antimagic vertex coloring* yaitu melabeli sisi-sisinya dengan  $\{1, 2, 3, \dots, |E|\}$  sedemikian hingga setiap dua titik yang bertetangga memiliki bobot titik yang berbeda, dimana bobot titik adalah jumlah dari semua label sisi yang bertetangga dengan suatu titik. Gambar 2.7. merupakan contoh pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada  $P_6$ . Dari gambar dapat dilihat bahwa setiap dua titik yang bertetangga memiliki bobot titik yang berbeda.



Gambar 2.7. Pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada  $P_6$

- d. Mencari fungsi sisi dan fungsi bobot titik

Setelah mahasiswa menemukan pelabelannya, mahasiswa mencari atau menghitung fungsi label dan fungsi bobot titiknya. Menghitung fungsi sisi dapat dilakukan dengan mengamati polanya terlebih dahulu. Jika polanya membentuk deret aritmetika, maka dapat menggunakan rumus  $U_n = a + (n - 1)b$ , dimana  $U_n$  adalah suku ke- $n$ ,  $a$  adalah suku pertama, dan  $b$  adalah selisih antara dua suku yang berdekatan. Berikut ini contoh dalam menghitung fungsi sisi dan bobot titik pada graf  $P_n$ .



Gambar 2.8. Pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada  $P_9$

Himpunan sisi pada graf  $P_n$  yaitu  $E = \{x_i x_{i+1} ; 1 \leq i \leq n - 1\}$ . Pola label sisi pada graf  $P_9$ :

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8
$x_i x_{i+1}$	8	1	7	2	6	3	5	4

Dari tabel di atas, terlihat bahwa label sisi berpola pada  $i$  ganjil dan  $i$  genap, maka fungsi sisi nya pun terbagi dua sebagai berikut.

$i$	2	4	6	8
$x_i x_{i+1}$	1	2	3	4

 $\Rightarrow$ 

$$\begin{aligned}
 U_n &= a + (n - 1)b \\
 &= 1 + \left(\frac{i}{2} - 1\right) 1 \\
 &= 1 + \frac{i}{2} - 1 \\
 &= \frac{i}{2}
 \end{aligned}$$

Maka untuk  $i \in$  bilangan genap,  $f(x_i x_{i+1}) = \frac{i}{2}$

$i$	1	3	5	7
$x_i x_{i+1}$	8	7	6	5

 $\Rightarrow$ 

$$\begin{aligned}
 U_n &= a + (n - 1)b \\
 &= (n - 1) + \left(\frac{i+1}{2} - 1\right) (-1) \\
 &= n - 1 - \frac{i+1}{2} + 1 \\
 &= n - \frac{i+1}{2}
 \end{aligned}$$

Maka untuk  $i \in$  bilangan ganjil,  $f(x_i x_{i+1}) = n - \frac{i+1}{2}$ . Jadi fungsi sisi untuk  $P_n$  dapat ditulis seperti berikut ini.

$$f(x_i x_{i+1}) = \begin{cases} \frac{i}{2} & , \text{jika } i \text{ genap} \\ n - \frac{i+1}{2} & , \text{jika } i \text{ ganjil} \end{cases}$$

Selanjutnya menghitung fungsi bobot titik pada graf  $P_n$ . Himpunan titik pada graf  $P_n$  yaitu  $V = \{x_i ; 1 \leq i \leq n\}$ . Berikut ini pola bobot titik  $x_i$  pada  $P_n$ .

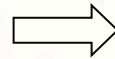
$n \setminus i$	1	2	3	4	5	6	7	8
3	2	3	1	-	-	-	-	-

4	3	4	3	2	-	-	-	-
5	4	5	4	5	2	-	-	-
6	5	6	5	6	5	3	-	-
7	6	7	6	7	6	7	3	-
8	7	8	7	8	7	8	7	4

Dari pola di atas terlihat bahwa bobot titik pada graf  $P_n$  berpola pada setiap  $i$  ganjil,  $i$  genap, dan  $i = n$ . Maka fungsi bobotnya juga terbagi menjadi tiga seperti berikut ini.

Dengan menghilangkan kolom  $i$  ganjil dan  $i = n$ , maka untuk  $i$  ganjil, polanya sebagai berikut.

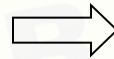
$n \setminus i$	1	3	5	7
3	2	-	-	-
4	3	3	-	-
5	4	4	-	-
6	5	5	5	-
7	6	6	6	-
8	7	7	7	7



$$\begin{aligned}
 U_n &= a + (n - 1)b \\
 &= 2 + (n - 2 - 1)(1) \\
 &= 2 + n - 2 - 1 \\
 &= n - 1
 \end{aligned}$$

Maka untuk  $i \in$  bilangan ganjil,  $w(x_i) = n - 1$ . Kemudian pola pada  $i$  genap adalah sebagai berikut.

$n \setminus i$	2	4	6	8
3	3	-	-	-
4	4	-	-	-
5	5	5	-	-
6	6	6	-	-
7	7	7	7	-
8	8	8	8	-



$$\begin{aligned}
 U_n &= a + (n - 1)b \\
 &= 3 + (n - 2 - 1)(1) \\
 &= 3 + n - 2 - 1 \\
 &= n
 \end{aligned}$$

Maka untuk  $i \in$  bilangan genap,  $w(x_i) = n - 1$ . Kemudian pola pada  $i = n$  adalah sebagai berikut.

$n$	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_n$	1	2	2	3	3	4	4	5

Karena pola pada  $i = n$  tidak membentuk deret aritmetika, maka tidak dapat menggunakan rumus  $U_n = a + (n - 1)b$ . Dari tabel terlihat bahwa bobot titik  $x_n$  adalah hasil pembulatan ke bawah dari  $\frac{n}{2}$ , maka fungsi bobot titik  $x_i$  untuk  $i = n$  yaitu  $\lfloor \frac{n}{2} \rfloor$ . Jadi fungsi bobot titiknya dapat ditulis seperti berikut.

$$w(x_i) = \begin{cases} n - 1 & i \text{ ganjil} \\ n & i \text{ genap} \\ \lfloor \frac{n}{2} \rfloor & i = n \end{cases}$$

e. Menguji kebenaran fungsi sisi dan bobot titik

Fungsi sisi dan bobot titik yang telah ditemukan dicek kebenarannya dengan cara mengujicobakan fungsi sisi dan bobot titik tersebut pada beberapa ekspansi dari graf. Jika sudah benar, maka mahasiswa melanjutkan dengan menuliskan kesimpulan. Jika belum benar, maka mahasiswa perlu memeriksa kembali dalam perhitungan fungsi sisi dan fungsi bobot titiknya.

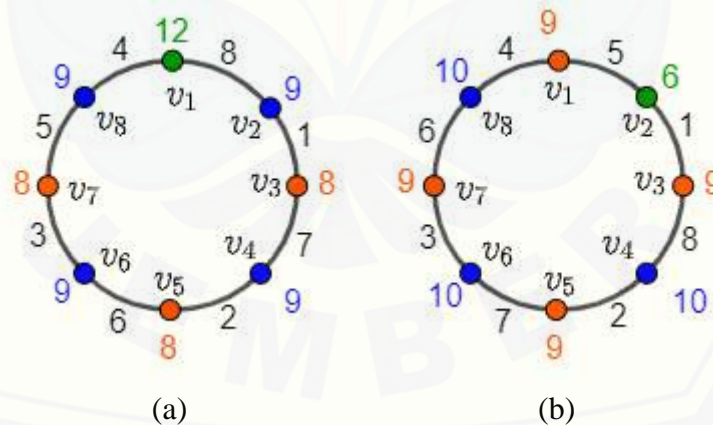
f. Menuliskan kesimpulan

Mahasiswa menuliskan kesimpulan, yaitu besar bilangan kromatik yang mereka temukan pada graf. Misalkan untuk graf *Path*  $P_n = (v_1, v_2, \dots, v_n)$  dengan  $n \geq 3$ , maka  $\chi_{la}(P_n) = 3$  dengan fungsi sisi dan bobot titik sebagai berikut.

$$f(x_i x_{i+1}) = \begin{cases} \frac{i}{2} & \text{jika } i \text{ genap} \\ n - \frac{i+1}{2} & \text{jika } i \text{ ganjil} \end{cases}$$

$$w(x_1) = \begin{cases} n - 1 & i \text{ ganjil} \\ n & i \text{ genap} \\ \lfloor \frac{n}{2} \rfloor & i = n \end{cases}$$

Untuk menemukan pelabelan LAVC pada sebuah graf langkah-langkah di atas perlu dilakukan oleh mahasiswa. Namun meski begitu, permasalahan LAVC bukanlah masalah prosedural dan merupakan masalah *open-ended* karena sebuah graf yang sama dalam pelabelan LAVC dapat dilabeli dengan pola yang berbeda-beda. Begitu pula dengan pemberian notasi, dapat berbeda-beda meskipun menggunakan graf yang sama. Seperti halnya graf *cycle* pada gambar 2.9 berikut. Kedua gambar tersebut merupakan  $C_8$  yang diberi notasi sama namun dilabeli dengan pola yang berbeda. Keduanya sama-sama pelabelan optimal yang menghasilkan bilangan kromatik 3. Pada gambar (a) bobot titik yang dihasilkan yaitu 8, 9, dan 12, sedangkan pada gambar (b) bobot titik yang dihasilkan adalah 6, 9, dan 10. Karena pelabelannya berbeda, maka fungsi pelabelan kedua graf tersebut akan berbeda.

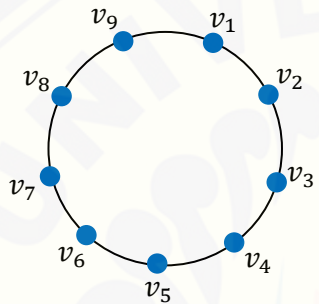

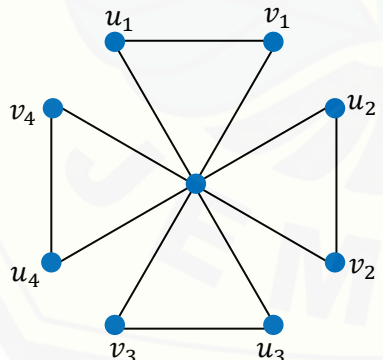


Gambar 2.9 Graf  $C_8$

Dari penjelasan di atas dapat diketahui bahwa pelabelan *Local Antimagic Vertex Coloring* merupakan masalah terbuka yang memiliki banyak penyelesaian dan memiliki banyak cara penyelesaian. Bahkan untuk satu graf yang sama, dapat

diberi notasi yang berbeda, pelabelan yang berbeda, dan akan menghasilkan fungsi pelabelan yang berbeda pula. Karena itulah LAVC sangat berpotensi untuk memunculkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dan digunakan sebagai materi dalam penelitian ini.

Tabel 2.4. Beberapa Temuan Pelabelan *Local Antimagic Vertex Coloring*

No.	Graf Khusus	Hasil	Keterangan
1.	Graf lingkaran $C_n$ untuk $n \geq 3$ 	$\chi_{la}(C_n) = 3$	Arumugam, dkk
2.	Graf lintasan $P_n$ dengan $n \geq 3$ 	$\chi_{la}(P_n) = 3$	Arumugam, dkk
3.	Graf <i>friendship</i> $F_n$ dengan $n \geq 3$ 	$\chi_{la}(F_n) = 3$	Arumugam, dkk

## 2.5 Tinjauan Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan yang dikaji oleh peneliti berasal dari beberapa penelitian yang berkaitan dengan berpikir kreatif antara lain:

Tabel 2.5. Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Aspek Pembeda	Penelitian terdahulu		Penelitian Sekarang
		S. Subarinah	Sri Hasttuti Noer	Nuris Hisan Nazula
1	Judul	Profil Berpikir Kreatif Siswa dalam Memecahkan Masalah Tipe Investigasi Matematik Ditinjau dari Perbedaan Gender	Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis dan Pembelajaran Matematika Berbasis Masalah <i>Open-Ended</i>	Profil Kemampuan Berpikir Kreatif Mahasiswa Menyelesaikan Permasalahan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> dalam <i>Research Based Learning (RBL)</i>
2	Variabel Penelitian	Berpikir kreatif, Masalah Tipe Investigasi Matematik	Kemampuan berpikir kreatif matematis, Masalah <i>Open-Ended</i>	Kemampuan Berpikir kreatif, <i>Research Based learning</i>
3	Subjek Penelitian	Empat siswa kelas V SD yaitu 2 orang perempuan dan dua orang laki-laki	132 siswa yang terdiri dari 4 kelas dari dua sekolah yang berbeda	Mahasiswa pendidikan matematika universitas jember
4	Pelajaran/Materi	Pola bilangan	Materi kelas VIII	Local antimagic vertex coloring
5	Metode Penelitian	Kualitatif	Eksperimen	kualitatif
6	Hasil Penelitian	Hasil penelitian menyimpulkan bahwa siswa laki-laki lebih unggul dibanding siswa perempuan. Siswa laki-laki mempunyai kemampuan	Tes akhir kemampuan berpikir kreatif matematis siswa yang mengikuti PBMO lebih baik daripada siswa yang mengikuti	Penelitian ini akan menghasilkan deskripsi mengenai kemampuan berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan

		<p>pengamatan kongkrit dan abstrak, analisis, sintesis, membuat pola rumit, membuat konjektur generalisasi, dan mengujinya pada jawaban yang diinginkannya. Sedangkan perempuan hanya mempunyai kemampuan pengamatan kongkrit, analisis sederhana, dan membuat pola sederhana, dan enggan mencoba perhitungan-perhitungan yang rumit. Hasil penelitian juga menunjukkan adanya kebaruan, kefleksibelan, dan kefasihan jawaban-jawaban yang diberikan oleh siswa</p>	<p>pembelajaran konvensional pada tiap peringkat sekolah maupun secara keseluruhan. Secara keseluruhan, pada kelompok PBMO rata-rata skor 70,77 dan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional rata-rata skor 58,70 dari skor maksimum 100. Berdasarkan simpangan baku, yaitu 18,83 untuk kelompok PBMO dan 20,32 pada kelompok konvensional dapat diketahui bahwa skor kemampuan berpikir kreatif matematis siswa yang mengikuti PBMO lebih mengumpul pada rata-rata bila dibandingkan dengan skor siswa pada pembelajaran konvensional.</p>	<p>permasalahan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> dalam <i>Research Based Learning</i>, selain itu dalam penerapan metode RBL ini, juga didapat hasil temuan mahasiswa berupa graf dengan pelabelan <i>local antimagic vertex coloring</i> dimana temuan dari mahasiswa tersebut akan dimasukkan dalam sebuah monograf.</p>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode campuran. Metode campuran adalah pendekatan penelitian dimana peneliti mengumpulkan dan menganalisis baik data kuantitatif maupun data kualitatif dalam penelitian yang sama (Shorten dan Smith, 2017). Kemudian untuk mendukung keobjektivitas penelitian, digunakan model triangulasi. Penelitian kuantitatif dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat efektifitas penerapan RBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan LAVC. Penelitian kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain quasi eksperimen (*quasi-experimental design*). Selain itu juga dilakukan observasi untuk mengetahui keaktifan mahasiswa selama penerapan RBL. Sedangkan penelitian kualitatif dilakukan untuk mengetahui profil keterampilan berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan LAVC. Penelitian kualitatif dilakukan dengan menganalisis hasil *post-test* mahasiswa kelas eksperimen. Selain itu untuk mendukung keobjektivitas data kualitatif, maka dilakukan wawancara pada beberapa mahasiswa dari kelas eksperimen berdasarkan jawaban yang mencerminkan keterampilan berpikir kreatif.

Tabel 3.1 Desain Kuasi-Eksperimental

Group	Pre-test	Treatment	Post-test
x <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	<i>Research Based Learning</i>	O <sub>2</sub>
x <sub>2</sub>	O <sub>1</sub>	Model Pembelajaran Konvensional	O <sub>2</sub>

#### 3.2 Daerah dan Subjek Penelitian

Daerah penelitian adalah tempat dimana kegiatan penelitian dilaksanakan. Daerah penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Sedangkan subjek penelitiannya adalah

mahasiswa semester 5 Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Jember di semester genap tahun ajaran 2017/2018. Teknik sampling yang digunakan yaitu *cluster random sampling* yang dilakukan dengan memilih acak dua kelas. Satu kelas sebagai kelas eksperimen dengan 36 mahasiswa diberi pembelajaran menggunakan RBL dan satu kelas lain sebagai kelas kontrol dengan 36 mahasiswa diberi pembelajaran menggunakan model pembelajaran konvensional.

### 3.3 Definisi Operasional

Untuk menghindari terjadinya perbedaan pemahaman maka perlu adanya definisi operasional untuk beberapa istilah sebagai berikut.

- a. Keterampilan Berpikir kreatif merupakan keterampilan individu dalam menggunakan proses berpikirnya untuk untuk membangun ide baru secara fasih dan fleksibel. Ide yang dimaksud disini adalah ide dalam menciptakan graf baru dalam *local antimagic vertex labeling*.
- b. Kefasihan mengacu pada kelancaran dalam menurunkan ide dan banyaknya ide-ide yang dibuat. Fleksibilitas mengacu pada kemampuan menghasilkan ide yang beragam. Sedangkan kebaruan mengacu pada kemampuan menghasilkan ide yang baru atau unik.
- c. *Research Based Learning* merupakan metode pembelajaran yang menggunakan riset dalam proses pembelajarannya.
- d. *Local Antimagic Vertex Coloring* adalah pelabelan dimana sisi-sisi dari graf dilabeli dengan  $\{1, 2, 3, \dots, |E|\}$  sedemikian hingga setiap dua titik yang bertetangga memiliki bobot titik yang berbeda, dimana bobot titik adalah jumlah dari semua label sisi yang bertetangga dengan suatu titik.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Melaksanakan kegiatan pendahuluan  
Pada kegiatan pendahuluan yang dilakukan adalah membentuk research grup yang terdiri atas dosen dan mahasiswa. Kemudian merumuskan suatu masalah

terbuka yang dapat dijadikan sebagai topik suatu penelitian, dalam penelitian ini yaitu pelabelan *local vertex antimagic coloring*. Setelah itu menentukan subjek penelitian yaitu mahasiswa pendidikan matematika FKIP Universitas Jember serta menentukan jadwal penelitian.

b. Menyusun instrumen penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi *pre-test*, *post-test*, lembar kerja mahasiswa (LKM), pedoman wawancara, dan lembar observasi. *Pre-test* dan *post-test* berisi soal yang sama dan diberikan pada kedua kelas sebelum dan sesudah perlakuan. LKM berisi tentang LAVC dan menggunakan pembelajaran RBL. LKM diberikan kepada kelas eksperimen sebagai bentuk perlakuan. Pedoman wawancara digunakan untuk melengkapi data kualitatif dan untuk mengetahui keterampilan berpikir kreatif mahasiswa lebih dalam. Lembar observasi digunakan untuk mengetahui keaktifan mahasiswa dalam pembelajaran RBL.

c. Memvalidasi tes

Rancangan *pre-test*, *post-test*, LKM dan pedoman wawancara yang akan digunakan sebagai instrumen penelitian selanjutnya divalidasi. Validasi dilakukan oleh dua dosen pendidikan matematika.

d. Menganalisis data dari lembar validasi

Menganalisis data yang diperoleh dari uji validitas. Jika instrumen dinyatakan sudah valid, maka dilanjutkan ke prosedur selanjutnya. Namun jika belum valid, maka perlu dilakukan revisi pada instrumen dan dilakukan uji validitas kembali sampai instrumen dinyatakan valid.

e. Mengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan langkah sebagai berikut :

- 1) memberikan *pre-test* pada kelas kontrol dan kelas eksperimen
- 2) melakukan proses pembelajaran pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. Pada kelas kontrol, diberikan pembelajaran konvensional. Sedangkan pada kelas eksperimen, diberikan pembelajaran dengan RBL, yaitu dengan menerapkan LKM keterampilan berpikir kreatif yang telah dibuat.
- 3) memberikan *post-test* pada kelas kontrol dan kelas eksperimen

- 4) mewawancarai beberapa mahasiswa dengan keterampilan berpikir kreatif sangat baik untuk melengkapi data kualitatif.

f. Analisis Data

Pada tahap ini data-data yang diperoleh akan dianalisis. Data kuantitatif diolah menggunakan perangkat lunak SPSS. Pertama-tama akan dilakukan uji homogenitas pada hasil *pre-test* kelas kontrol dan kelas eksperimen. Uji homogenitas ini bertujuan untuk mengetahui kehomogenitasan kemampuan awal dari kedua kelas. Kemudian dilakukan uji normalitas untuk mengetahui bahwa hasil tes berdistribusi normal atau tidak. Setelah itu dilakukan pengujian perbedaan rerata dengan uji statistik *T-test* pada nilai *pre-test* dan *post-test* untuk mengetahui efek dari penerapan RBL pada kelas eksperimen, dengan kelas kontrol sebagai pembandingnya.

Analisis data kualitatif dilakukan dengan menganalisis hasil *post-test* dan hasil wawancara. Analisis ini bertujuan untuk mendeskripsikan profil keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan *local antimagic vertex coloring*.

g. Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu mengenai keefektifan penerapan RBL dan profil keterampilan berpikir kreatif mahasiswa.

Prosedur penelitian secara ringkas dapat dilihat pada gambar 3.1

### 3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen adalah alat yang digunakan peneliti agar penelitian menjadi lebih mudah. Seperti yang diungkapkan Arikunto (2006:160) bahwa instrumen penelitian adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik, dalam arti lebih cermat, lengkap dan sistematis sehingga lebih mudah untuk diolah. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *pre-test*, *post-test*, LKM, pedoman wawancara, dan lembar observasi.

a. Instrumen tes

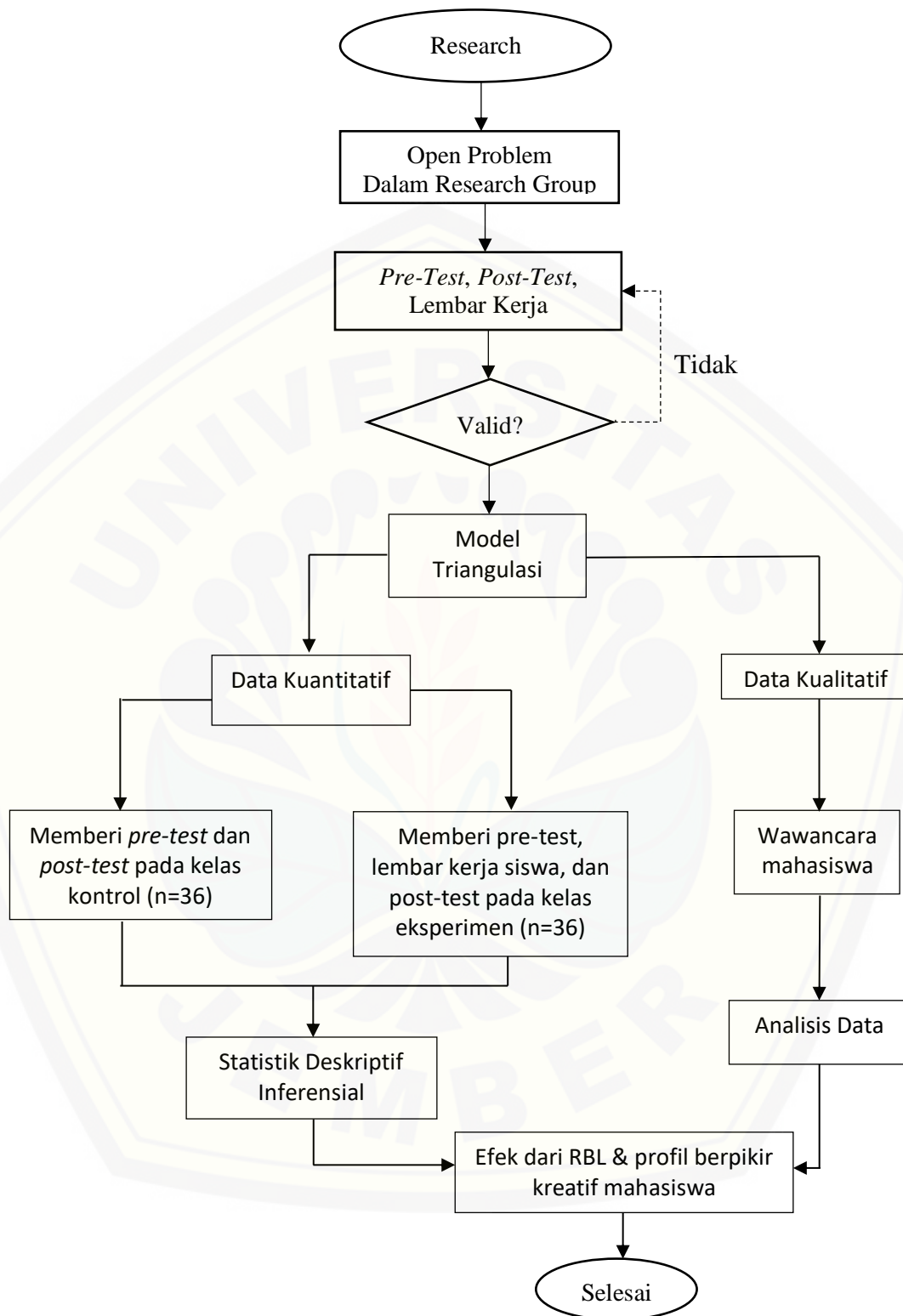
Instrumen tes terdiri atas *pre-test*, *post-test*, dan LKM. *Pre-test* dan *post-test* berisi pertanyaan-pertanyaan yang sama. *Pre-test* diberikan pada kedua kelas sebelum pembelajaran dilakukan. *Post-test* diberikan setelah pembelajaran dilakukan. *Pre-test* bertujuan untuk mengetahui kemampuan awal mahasiswa, sedangkan *post-test* bertujuan untuk mengetahui kemampuan akhir mahasiswa setelah diberikan pembelajaran. LKM berisi pertanyaan-pertanyaan dan langkah-langkah yang menjadi tuntunan riset bagi mahasiswa untuk menemukan pelabelan *total antimagic vertex coloring* pada sebuah graf. LKM dibuat menggunakan model pembelajaran *Research Based Learning*. LKM diberikan pada kelas eksperimen sebagai perlakuan.

b. Pedoman wawancara

Pedoman wawancara memuat pertanyaan-pertanyaan yang lebih mendalam guna menggali lebih dalam mengenai keterampilan berpikir kreatif mahasiswa. Pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat berkembang sesuai dengan kenyataan dan keadaan dari subjek penelitian.

c. Lembar Observasi

Lembar observasi digunakan untuk mengetahui keaktifan mahasiswa selama pembelajaran RBL berlangsung. Keaktifan dinilai pada setiap tahapan RBL yaitu: 1) mengumpulkan informasi terkait permasalahan, 2) siswa terdorong untuk mengidentifikasi masalah, 3) siswa terdorong untuk mengidentifikasi LAVC pada suatu graf, 4) siswa melengkapi seluruh proses LAVC, dan 5) siswa menulis laporan. Tingkat keaktifan mahasiswa dibagi menjadi lima, yaitu sangat aktif, aktif, ragu-ragu, pasif, dan sangat pasif.



Gambar 3.1 Model Triangulasi

### 3.6 Metode Pengumpulan Data

Menurut Arikunto (2006:149) metode pengumpulan data adalah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang dipergunakan dalam penelitian. Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

a. Tes

Tes yang diberikan pada subjek penelitian berupa *pre-test* dan *post-test* dengan soal yang sama untuk diberikan pada kelas kontrol dan kelas eksperimen sebelum dan sesudah pembelajaran untuk mengetahui efek dari pembelajaran yang telah diberikan. Selain *pre-test* dan *post-test*, pada kelas eksperimen juga diberikan LKM yang berisi tuntunan riset bagi mahasiswa untuk menemukan pelabelan *total antimagic vertex coloring*. LKM akan diberikan dengan cara menerapkan model pembelajaran *Research Based Learning*. Kemudian hasil dari tes ini dianalisis. Hasil nilai *pre-test* dan *post-test* dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS untuk mengetahui efek dari penerapan RBL pada kelas eksperimen dengan kelas kontrol sebagai pembandingnya. Sedangkan hasil pekerjaan *post-test* pada kelas eksperimen dianalisis berdasarkan indikator kemampuan berpikir kreatif yaitu kefasihan, fleksibilitas, dan kebaruan untuk menentukan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan *local antimagic vertex coloring*.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan melalui percakapan antara peneliti dengan subjek penelitian. Wawancara dilakukan untuk menggali informasi lebih dalam mengenai keterampilan berpikir kreatif mahasiswa. Wawancara dilakukan segera setelah mahasiswa menyelesaikan *post-test* agar mahasiswa tidak lupa mengenai apa yang mereka lakukan serta pikirkan pada saat mengerjakan. Pertanyaan yang diajukan pada saat wawancara didasarkan pada pedoman wawancara yang telah dibuat, namun boleh dikembangkan sesuai dengan keadaan atau situasi pada saat wawancara.

c. Observasi

Menurut Riyanto (2010:96), observasi merupakan metode pengumpulan data yang menggunakan pengamatan terhadap objek penelitian. Pada penelitian ini observasi yang dilaksanakan adalah pengamatan langsung, yaitu mengadakan pengamatan secara langsung tanpa alat terhadap gejala-gejala subjek yang diselidiki baik pengamatan itu dilakukan didalam situasi buatan yang khusus diadakan, dan penulis yang berperan aktif mengamati objek penelitian (Ryanto, 2010). Observasi dilakukan selama pembelajaran RBL berlangsung. Observasi dilakukan dengan bantuan dari beberapa orang sebagai pengamat (*observer*). Observasi dilakukan untuk mengetahui keaktifan mahasiswa untuk masing-masing tahapan dari RBL.

### 3.7 Analisis Data

Analisis data adalah cara yang dipakai untuk menyusun dan mengolah data-data yang diperoleh dalam penelitian.

#### 3.7.1 Validitas Instrumen Tes dan Pedoman Wawancara

Validator memberikan penilaian terhadap instrumen tes secara keseluruhan. Kemudian penilaian dari validator tersebut dimuat dalam tabel hasil validasi. Kemudian dari nilai-nilai tersebut ditentukan nilai rerata total untuk semua aspek ( $V_a$ ). Nilai  $V_a$  digunakan untuk melihat tingkat kevalidan dari instrumen tes. Langkah untuk menentukan  $V_a$  tersebut yakni sebagai berikut:

- a. Menentukan rata-rata nilai hasil validasi dari semua validator untuk setiap aspek ( $I_i$ ) dengan persamaan:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^v V_{ji}}{v}$$

dengan :  $V_{ji}$  = data nilai dari validator ke- $j$  terhadap indikator ke- $i$

$v$  = banyaknya validator

- b. Menggunakan nilai  $I_i$  untuk menentukan nilai rerata total untuk semua aspek  $V_a$  dengan persamaan:

$$V_a = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}$$



dengan :  $Va$  = nilai rerata total untuk semua aspek

$I_i$  = rerata nilai untuk aspek ke- $i$

$n$  = banyaknya aspek (dimodifikasi dari Hobri, 2010:52-53)

Kemudian berdasarkan nilai  $Va$  yang diperoleh dapat dilihat tingkat kevalidan instrumen seperti pada tabel 3.1. Instrumen dapat digunakan jika minimal tingkat kevalidannya valid.

Tabel 3.2 Kriteria Validitas Instrumen

Nilai $Va$	Tingkat Kevalidan
$Va = 5$	Sangat valid
$4 \leq Va < 5$	Valid
$3 \leq Va < 4$	Cukup valid
$2 \leq Va < 3$	Kurang valid
$1 \leq Va < 2$	Tidak valid

(Sumber: Hobri, 2010: 53)

Pada penelitian ini proses analisis data kualitatif dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini.

a. Uji prasyarat analisis

Data yang diperoleh, dapat dianalisis menggunakan uji-T apabila data tersebut berdistribusi normal dan homogen. Maka dari itu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas.

1) Uji normalitas

Data hasil tes perlu diuji apakah berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas dilakukan dengan uji *kolmogorov-smirnov* menggunakan program SPSS. Jika nilai signifikansi yang diperoleh lebih dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal.

2) Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan Levene-test menggunakan program SPSS. Jika nilai signifikansi yang diperoleh lebih dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varian dalam kelompok adalah homogen.

b. Uji Hipotesis

Teknik analisis yang digunakan untuk menguji hipotesis adalah Uji-T. Tujuannya yaitu untuk mengetahui perbedaan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Pengujian dilakukan dengan program SPSS.

Pada penelitian ini proses analisis data kualitatif dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini.

- a. Menelaah data yang diperoleh dari berbagai sumber  
Data ini meliputi hasil tes dan hasil wawancara.
- b. Mereduksi data  
Mereduksi data dilakukan dengan cara menerangkan, memilih hal-hal pokok, serta memfokuskan pada hal-hal penting dari data yang terkumpul, sehingga data tersebut dapat memberi gambaran yang lebih mendalam mengenai hasil penelitian.
- c. Analisis keterampilan berpikir kreatif  
Setelah *post-test* diberikan kepada kelas eksperimen, peneliti memeriksa hasil pekerjaannya. Kemudian peneliti mengidentifikasi keterampilan berpikir kreatif mahasiswa berdasarkan aspek kefasihan, fleksibilitas, dan kebaruan. Analisis dilakukan dengan memberikan nilai pada hasil *post-test* sesuai dengan pedoman penskoran *post-test*.
- d. Penarikan kesimpulan  
Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, selanjutnya ditarik kesimpulan dari penelitian ini.

### 3.8 Potret Fase

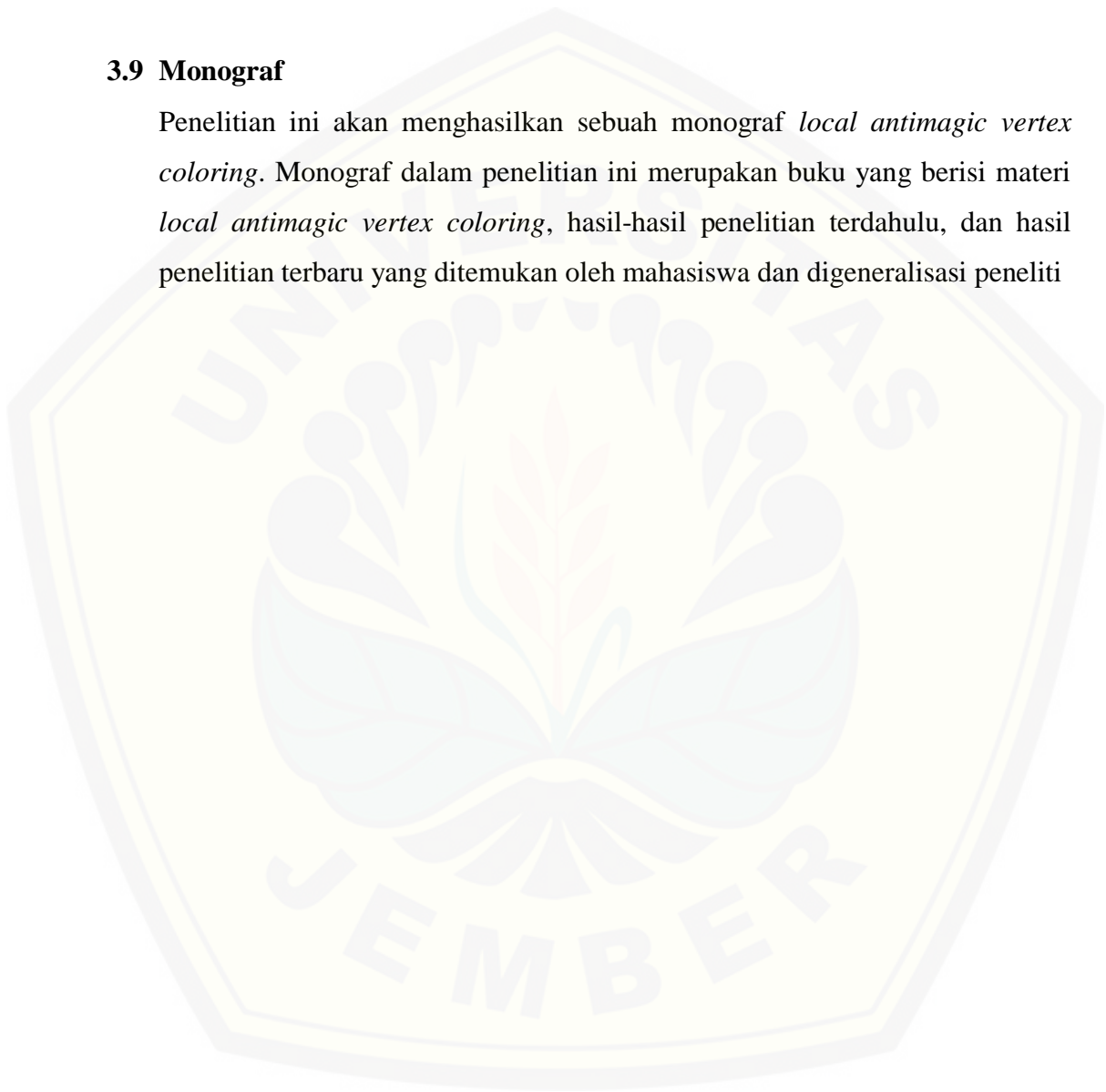
Potret fase merupakan gambaran alur berpikir mahasiswa dalam memecahkan suatu permasalahan. Dalam penelitian ini potret fase mahasiswa didasarkan pada alur berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan *local antimagic vertex coloring*. Berikut ini langkah-langkah untuk mengetahui potret fase mahasiswa:

1. Menyediakan pertanyaan yang bertuliskan indikator dari berpikir kreatif berdasarkan hasil observasi dari pengerjaan *post-test*

2. Melakukan wawancara dengan meminta mahasiswa mengambil sebuah kartu dengan indikator setiap langkah pengerjaan *post-test*.
3. Menulis urutan dari setiap kartu indikator yang diambil oleh mahasiswa dan menggambar urutan tersebut dalam bentuk graf.

### 3.9 Monograf

Penelitian ini akan menghasilkan sebuah monograf *local antimagic vertex coloring*. Monograf dalam penelitian ini merupakan buku yang berisi materi *local antimagic vertex coloring*, hasil-hasil penelitian terdahulu, dan hasil penelitian terbaru yang ditemukan oleh mahasiswa dan digeneralisasi peneliti



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai profil keterampilan berpikir kreatif mahasiswa menyelesaikan permasalahan *local antimagic vertex coloring* dalam *research based learning*, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan *research based learning* efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa. Hal ini terbukti dari hasil *post-test* pada kelas eksperimen yang meningkat lebih tinggi dari pada kelas kontrol yang tidak diberikan *research based learning*. Pada kelas eksperimen persentase mahasiswa dengan kategori sangat baik meningkat dari 25% menjadi 49%. Sedangkan pada kelas kontrol peningkatan hanya dari 22% menjadi 29%. Dari hasil Uji-T nilai *post-test* diperoleh nilai signifikansi 0,025 (lebih kecil dari 0,05) yang menandakan bahwa terdapat perbedaan antara nilai *post-test* kelas kontrol dan kelas eksperimen.
2. Pada aspek kefasihan didapatkan sebanyak 61% mahasiswa memiliki keterampilan sangat baik, 31% mahasiswa memiliki keterampilan baik, dan 8% mahasiswa memiliki keterampilan kurang baik. Pada aspek fleksibilitas didapatkan 47% mahasiswa memiliki keterampilan sangat baik, 39% mahasiswa memiliki keterampilan baik, dan 14% mahasiswa memiliki keterampilan kurang baik. Pada aspek kebaruan didapatkan 39% mahasiswa memiliki keterampilan sangat baik, 36% mahasiswa memiliki keterampilan baik, dan 25% mahasiswa memiliki keterampilan kurang baik.
3. Hasil dari potret fase menunjukkan bahwa mahasiswa dengan keterampilan berpikir kreatif sangat baik melalui semua indikator dari masing-masing aspek keterampilan berpikir kreatif, mahasiswa dengan keterampilan berpikir kreatif baik melalui tidak melalui satu indikator pada aspek fleksibilitas, dan mahasiswa dengan keterampilan berpikir kreatif kurang baik melalui dua indikator, yaitu satu indikator dari aspek kefasihan dan satu dari aspek fleksibilitas.

4. Pada monograf dihasilkan generalisasi empat graf dari hasil penemuan mahasiswa, yaitu graf  $F_{n,2}$  dengan  $\chi_{la}(F_n) = 3$ , graf  $amal(C_4, v, n); n \geq 2$  dengan  $\chi_{la}(amal(C_4, v, n)) = 4$ , graf  $B_n$  dengan  $\chi_{la}(B_n) = 4$ , dan graf  $Sp_n$  dengan  $\chi_{la}(Sp_n) = 3$ .

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, beberapa saran yang bisa diberikan antara lain:

1. bagi dosen, diharapkan agar membiasakan menerapkan pembelajaran *research based learning* agar mahasiswa terbiasa melakukan penelitian.
2. bagi peneliti selanjutnya, diharapkan dapat mengembangkan ke ranah penelitian lain, baik mengenai keterampilan berpikir kreatif, *research based learning*, maupun *local antimagic vertex coloring*.

## DAFTAR PUSTAKA

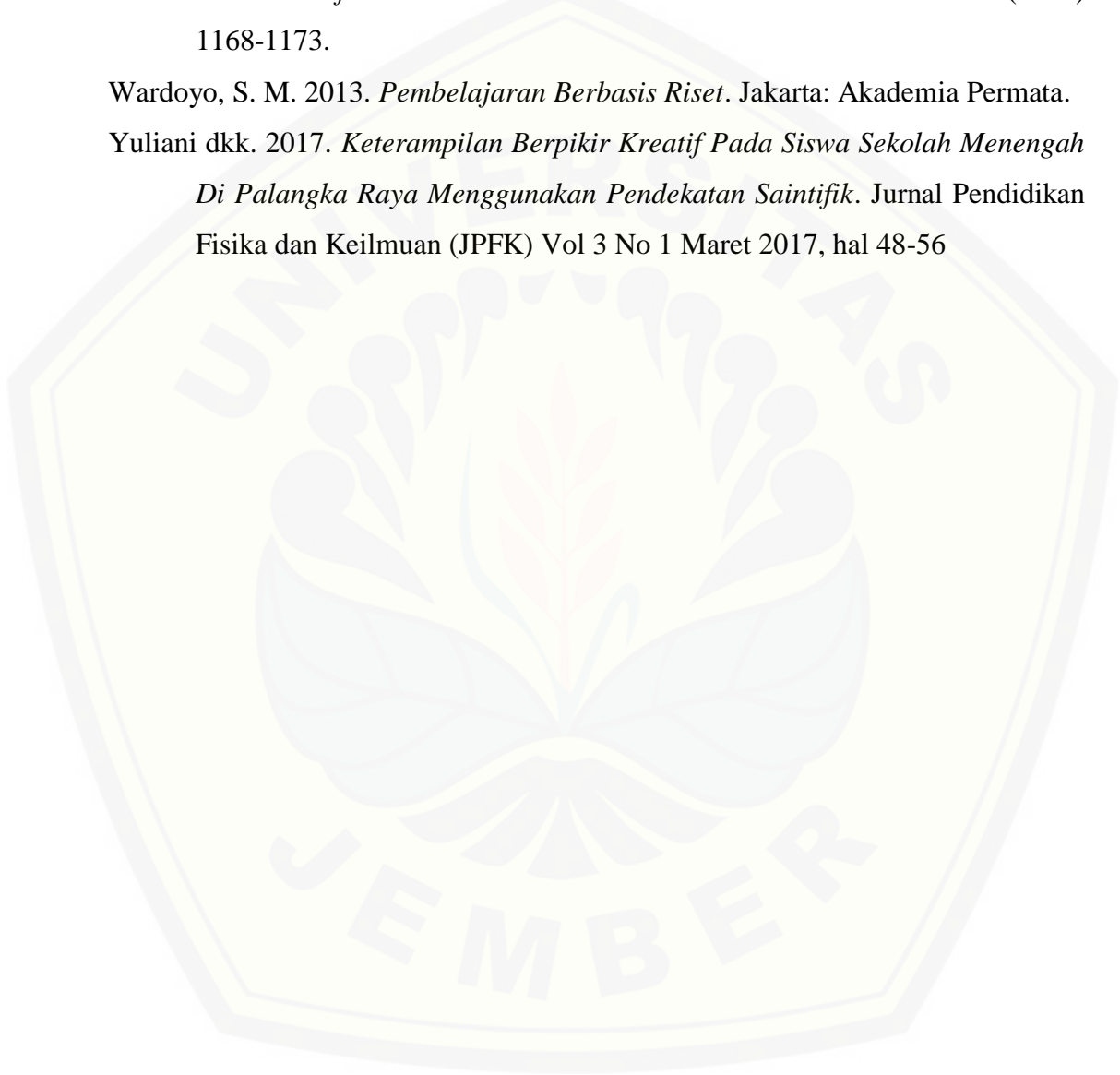
- Ahmadi, IK., Setyono, H.A., dan Amri, S. 2011. *Pembelajaran Akselerasi (Analisis Teori dan Praktek Serta Pengaruhnya Terhadap Mekanisme Pembelajaran dalam Kelas Akselerasi)*. Jakarta: Prestasi Pustaka Publisher.
- Arikunto, S. 2006. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arnyana, I. B. P. 2006. *Pengaruh Penerapan Strategi Pembelajaran Inovatif pada Pelajaran Biologi Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA*. Jurnal Pendidikan dan Pengajaran IKIP Negeri Singaraja Vol. 3, No. 6, Juli 2006.
- Arumugam, S. et al. 2017. *Local Antimagic Vertex Coloring of a Graph*. Graphs and Combinatorics (2017) 33:275-285.
- Azwar, Saifuddin. 2007. *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Birgili, Bengi. 2015. *Creative and Critical Thinking Skills in Problem-Based Learning Environments*. Journal of Gifted Education and Creativity 2(2):71–71.
- Chartrand dkk. 2011. *Graphs & Digraphs Fifth Edition*. New York : Taylor & Francis Group.
- Chrysti, K. S. 2014. *Pembelajaran Berbasis Riset Dengan Pendekatan Saintifik Dalam Peningkatkan Keterampilan Proses Ipa Bagi Siswa SD*. Prosiding Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi. Vol 11, No 1 (2014).
- Dafik. 2016. *Draft Pedoman Pelaksanaan PBR (Pembelajaran Berbasis Riset) dalam Mata Kuliah*. Jember: Universitas Jember.
- Hadi, Dian Anita. 2014. *Pelabelan Total Super  $(a,d)$ -Sisi Antimagic pada Graf Ulat Sutra*. Jember: Universitas Jember.
- Handoko, H. 2017. *Pembentukan Keterampilan Berpikir Kkreatif pada Pembelajaran Matematika Model Savi Berbasis Discovery Strategy Materi Dimensi Tiga Kelas X*. EduMa Vol. 6 No. 1 Juli 2017.
- Hartsfields, Nora dan Ringel, Gerhard. 1994. *Pearls In Graph Theory. A Comprehensive Introduction*. New York : Dover Publication, Inc.

- Hobri. 2010. *Metodologi Penelitian Pengembangan (Aplikasi pada Penelitian Pendidikan Matematika)*. Jember: Pena Salsabila.
- Isti, Sofiatun N. D. 2013. *Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Melalui Model Pembelajaran Inkuiri pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam*. JPGSD. Volume 01 Nomor 02 Tahun 2013.
- Krathwohl, David R. 2002. *A Revision of Bloom's Taxonomy : An Overview*. Theory Into Practice, Vol. 41, No. 4, Autumn 2002.
- Kuswanto, Heri. 2016. *Pengembangan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa Melalui Model Pembelajaran Creative Problem Solving Berpendekatan Open-Ended*. Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya (KNPMP I) Universitas Muhammadiyah Surakarta, ISSN: 2502-6526, 12 Maret 2016.
- Kwartolo, Yuli. 2012. *Multiple Intelligence Dan Implemntasinya Dalam Taksonomi Bloom*. Jurnal Pendidikan Penabur. No.18/Tahun ke-11/Juni 2012.
- Mahmudi, Ali. 2010. *Mengukur Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis*. Disajikan pada Konferensi Nasional Matematika XV UNIMA Manado, 30 Juni-3 Juli 2010.
- Mahsyud, M. S. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan*. Jember: Lembaga Pengembangan Manajemen dan Profesi Kependidikan.
- McGregor, D. (2007). *Developing Thinking Developing Learning*. Poland: Open University Press.
- Mursidik dkk. 2015. *Kemampuan Berpikir Kreatif dalam Memecahkan Masalah Matematika Open-Ended Ditinjau dari Tingkat Kemampuan Matematika pada Siswa Sekolah Dasar*. Journal Pedagogia ISSN 2089-3833 Vol. 4, No. 1, Februari 2015.
- Noer, Sri Hastuti. 2011. *Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis dan Pembelajaran Matematika Berbasis Masalah Open-Ended*. Jurnal Pendidikan Matematika, volume 5. No.1. Januari 2011.
- Novindasari, Shapbian. 2015. *Nilai Ketakteraturan Total Sisi dari Graf Siput*. Kadikma. Vol 6 no 1: april 2015.

- Pehkonen, Erkki (1997). *The State-of-Art in Mathematical Creativity*. ZDM Volum 29 (June 1997) Number 3. Electronic Edition ISSN 1615-679X
- Puspasari, D. T. dan Dafik. 2014. *Pewarnaan Titik pada Graf Khusus: Operasi dan Aplikasinya*. Prosiding Seminar Nasional Matematika 2014, Vol 1, No. 1, tahun 2014.
- Rangkuti, A. N. 2016. *Pembelajaran Berbasis Riset di Perguruan Tinggi*. Batusangkar International Conference I, 15-16 October 2016.
- Riyanto, Y. 2010. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Surabaya : SIC.
- Shorten, Allison and Smith, Joanna. 2017. *Mixed Methods Research: Expanding the Evidence Base*. Evidence Based Nursing. 20(3):74–75.
- Siswono, T, Y. E. 2006. *Implementasi Teori Tentang Tingkat Berpikir Kreatif Dalam Matematika*. Seminar Konferensi Nasional Matematika XIII dan Konggres Himpunan Matematika Indonesia di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang, 24-27 Juli 2006.
- Siswono dkk. 2012. *Pemberdayaan Guru Dalam Pembelajaran Matematika Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Sd*. Jurnal Ilmu Pendidikan, Jilid 18, Nomor 2, Desember 2012, hlm. 210-219.
- Siswono, T, Y. E. 2005. *Upaya Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Melalui Pengajuan Masalah*. Jurnal terakreditasi “Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains”, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Tahun X, No. 1, Juni 2005. ISSN 1410-1866, hal 1-9.
- Siswono, T, Y. E. 2011. *Level Of Student’s Creative Thinking In Classroom Mathematics*. *Educational Research and Review* Vol. 6 (7), pp. 548-553, July 2011. Available online at <http://www.academicjournals.org/ERR>
- Srikoon, Sanit. et. al. 2014. *Research Synthesis of Research-Based Learning for Education in Thailand*. *Procedia – Social and Behaviour Sciences* 116 (2014) 913-917.
- Subarinah, Sri. 2013. *Profil Berpikir Kreatif Siswa dalam Memecahkan Masalah Tipe Investigasi Matematik Ditinjau dari Perbedaan Gender*. Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 9 November 2013. ISBN : 978 – 979 – 16353 – 9 – 4.



- Suyitno, A. 2012. *Sistem Deduktif Aksiomatis dalam Matematika dan Matematika Sekolah*. Aksioma Vol 1, No 2/September (2012)
- Tungkasmit, A. dan Junpeng, P. 2012. *The Development of Authentic Assesment Training Curriculum for Research-Based Learning Class in Higher Education of Thailand*. Procedia – Social and Behaviour Sciences 69 (2012) 1168-1173.
- Wardoyo, S. M. 2013. *Pembelajaran Berbasis Riset*. Jakarta: Akademia Permata.
- Yuliani dkk. 2017. *Keterampilan Berpikir Kreatif Pada Siswa Sekolah Menengah Di Palangka Raya Menggunakan Pendekatan Sainifik*. Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK) Vol 3 No 1 Maret 2017, hal 48-56



## Matriks Penelitian

Judul Penelitian	Permasalahan	Variabel	Indikator	Sumber Data	Metode Penelitian
Profil Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa Menyelesaikan Permasalahan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> dalam <i>Research Based Learning</i>	<p>1. Bagaimanakah efektifitas <i>research based learning</i> pada keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan <i>local antimagic vertex coloring</i>?</p> <p>2. Bagaimanakah profil berpikir kreatif mahasiswa menyelesaikan permasalahan <i>local antimagic vertex coloring</i> dalam <i>research based learning</i>?</p>	<p>1. Keterampilan berpikir kreatif mahasiswa</p> <p>2. <i>Research Based Learning</i></p> <p>3. <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i></p>	<p>Kemampuan berpikir kreatif meliputi tiga aspek, (1) Keluwesan (<i>flexibility</i>), (2) Kefasihan (<i>fluency</i>), dan (3) Kebaruan (<i>novelty</i>)</p>	<p>Dua kelas mahasiswa pendidikan matematika semester 5. Satu kelas sebagai kelas eksperimen, kelas lainnya sebagai kelas kontrol</p>	<p>1. Jenis penelitian: kualitatif dan kuantitatif</p> <p>2. Metode pengumpulan data : pengamatan dan wawancara.</p> <p>3. Subyek penelitian: Siswa yang telah mempelajari mengenai graf.</p> <p>4. Metode analisis data: analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif.</p>

	<p>3. Bagaimanakah potret fase keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i>?</p> <p>4. Bagaimanakah monograf dari hasil generalisasi penyelesaian mahasiswa dalam permasalahan <i>local antimagic vertex coloring</i> dalam <i>research based learning</i>?</p>				
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

## Pre -Test

Materi : Local Antimagic Vertex Coloring

### PETUNJUK

- ❖ Berdoalah sebelum mengerjakan tes berikut.
- ❖ Tulislah nama dan NIM di tempat yang telah disediakan
- ❖ Jawablah pertanyaan pada tempat yang disediakan (tidak harus runtut sesuai urutan soal)
- ❖ Kerjakan secara individu dan tanyakan pada dosen jika ada hal yang belum dipahami
- ❖ Waktu yang disediakan untuk mengerjakan adalah 90 menit

Nama : .....

NIM : .....

**Pre-Test**

***Jawablah soal di bawah ini dengan benar!***

Gambarlah sebuah graf serta tiga ekspansinya, kemudian :

- berikan pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada graf dan ekspansinya!
- berikan notasi pada graf dan ekspansinya!
- tuliskan himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik, banyak sisi, derajat tertingginya, serta bilangan kromatik graf!
- tentukan fungsi sisi dan fungsi bobot titik dari graf tersebut!

Jawaban :



## Post -Test

Materi : Local Antimagic Vertex Coloring

### PETUNJUK

- ❖ Berdoalah sebelum mengerjakan tes berikut.
- ❖ Tulislah nama dan NIM di tempat yang telah disediakan
- ❖ Jawablah pertanyaan pada tempat yang disediakan (tidak harus runtut sesuai urutan soal)
- ❖ Kerjakan secara individu dan tanyakan pada dosen jika ada hal yang belum dipahami
- ❖ Waktu yang disediakan untuk mengerjakan adalah 90 menit

Nama : .....

NIM : .....

**Post-Test**

***Jawablah soal di bawah ini dengan benar!***

Gambarlah sebuah graf serta tiga ekspansinya, kemudian :

- berikan pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada graf dan ekspansinya!
- berikan notasi pada graf dan ekspansinya!
- tuliskan himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik, banyak sisi, derajat tertingginya, serta bilangan kromatik graf!
- tentukan fungsi sisi dan fungsi bobot titik dari graf tersebut!

Jawaban :





## Tes Keterampilan Berpikir Kreatif 1

Lembar Kerja Mahasiswa  
Materi : Local Antimagic Vertex Coloring

### PETUNJUK LKM

- ❖ Berdoalah sebelum mengerjakan tes berikut.
- ❖ Perhatikan penjelasan dosen mengenai proses pembelajaran yang akan dilaksanakan
- ❖ Tulislah nama anggota kelompok beserta NIM di tempat yang telah disediakan
- ❖ Bacalah materi pada LKM dengan teliti
- ❖ Jawablah pertanyaan pada tempat yang disediakan bersama anggota kelompok
- ❖ Bertanyalah pada dosen jika ada hal yang belum dipahami
- ❖ Waktu yang disediakan untuk mengerjakan adalah 90 menit

- Kemampuan akhir yang diharapkan :  
Dapat mengembangkan *local antimagic vertex coloring* serta menentukan formulasi umum dari hasil pengembangan *local antimagic vertex coloring*
- Indikator :
  1. Mahasiswa dapat menentukan pola *local antimagic vertex coloring* pada suatu graf
  2. Mahasiswa dapat menentukan rumus umum pola *local antimagic vertex coloring* pada suatu graf

Nama & NIM Anggota :

1. ....

2. ....

### A. Pengenalan *Local Antimagic Vertex Coloring*

*Local antimagic vertex coloring* merupakan suatu pelabelan baru yang dikembangkan dari *antimagic labeling* dan *vertex coloring*. *Vertex coloring* atau pewarnaan titik pada suatu graf  $G$  adalah memberikan warna berbeda kepada titik-titik di graf  $G$  dengan syarat setiap dua titik yang bertetangga memiliki warna yang berbeda. Pewarnaan titik yang optimal adalah pewarnaan yang menggunakan warna seminimal mungkin.

Pewarnaan titik ini bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan sehari-hari, contohnya seperti pewarnaan dalam peta. Terkadang sebuah peta menggunakan warna yang berbeda untuk membedakan kota yang bersebelahan. Masalah tersebut dapat diselesaikan dengan pewarnaan titik. Dalam hal ini kota diibaratkan sebagai titik, dan kota yang bertetangga dihubungkan dengan sisi seperti pada Gambar 1. Kemudian graf yang merepresentasikan peta tersebut dilabeli berdasarkan pewarnaan titik agar warna yang digunakan dalam peta bisa seminimal mungkin.



[http://en.citizendium.org/wiki/Four\\_color\\_theorem](http://en.citizendium.org/wiki/Four_color_theorem)

**Gambar 1.** Peta yang direpresentasikan dengan graf

Pada tahun 2017 Arumugam dkk mengenalkan konsep *local antimagic vertex coloring* yang didefinisikan sebagai berikut.

#### Definisi

Misalkan graf  $G = (V, E)$  adalah graf terhubung dengan  $|V| = n$  dan  $|E| = m$ . Fungsi bijektif  $f: E \rightarrow \{1, 2, \dots, m\}$  disebut *local antimagic labeling* jika untuk setiap dua titik  $u$  dan  $v$  yang berdekatan,  $w(u) \neq w(v)$ , dimana  $w(u) =$  jumlah dari label sisi yang *adjacent* dengan titik  $u$ . Sehingga setiap *local antimagic labeling* menyebabkan *vertex coloring* pada graf  $G$  dimana titik  $v$  diberi warna  $w(v)$ . Bilangan kromatik local antimagic  $\chi_{la}(G)$  didefinisikan sebagai banyak warna minimal yang digunakan dalam pewarnaan graf  $G$  menggunakan *local antimagic labeling*.

## KEFASIHAN

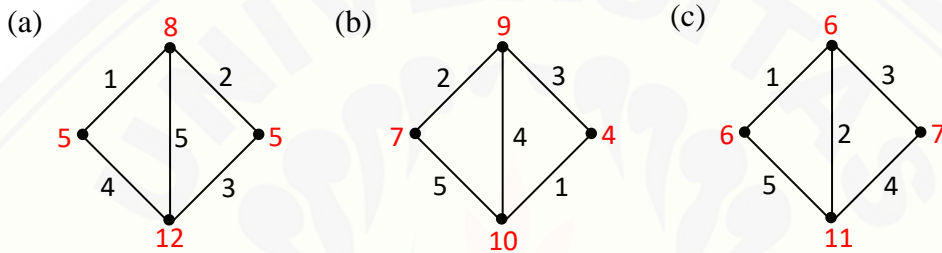
### Pelaksanaan Riset

(Tujuan dari “Riset Pendahuluan” ini adalah untuk mengetahui kefasihan mahasiswa dalam permasalahan *local antimagic vertex coloring*)

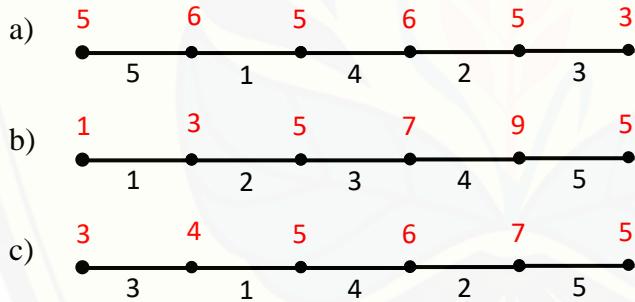
Amati riset berikut untuk lebih memahami *local antimagic vertex coloring* !

### Riset Pendahuluan

1. Berikut ini adalah contoh graf dengan (a) pelabelan *local antimagic vertex coloring* optimal, (b) tidak optimal, dan (c) yang bukan *local antimagic vertex coloring*.

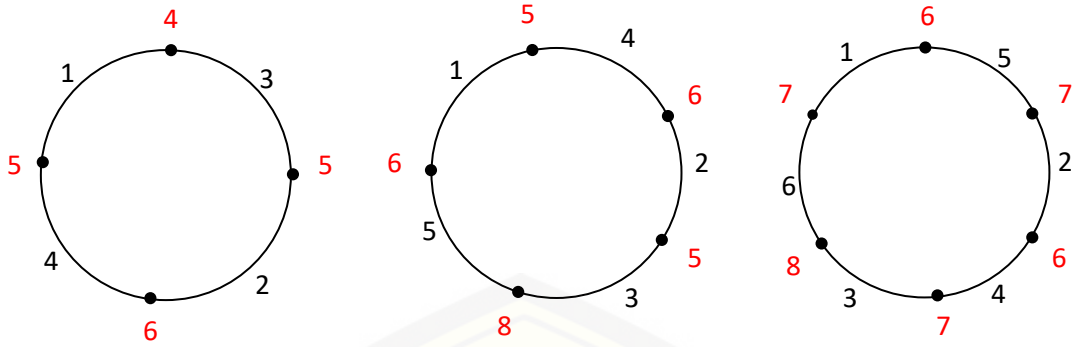


2. Diketahui beberapa graf sederhana  $P_6$  berikut ini



Berdasarkan gambar tersebut jelaskan mengapa gambar (a) merupakan *local antimagic vertex coloring* yang optimal, sedangkan gambar (b) dan (c) *local antimagic vertex coloring* yang belum optimal?

3. Amatilah pola *local antimagic vertex coloring* pada graf cycle berikut!



Berdasarkan pola pewarnaan graf *Cycle* tersebut:

- Bagaimanakah cara menentukan pelabelan *local antimagic vertex coloring* untuk graf  $C_8$  dan  $C_{11}$ ?



b) Cobalah cermati kembali pola pelabelan pada graf *cycle* dan isilah tabel berikut ini, lalu jelaskan bagaimanakah bilangan kromatik dari graf *Cycle*?

Jenis Graf	Bobot Titik	Bilangan Kromatik
$C_4$	4, 5, 6	3
$C_5$	5, 6, 8	...
$C_6$	...	3
$C_8$	...	...
$C_{11}$	...	...
$C_n$	...	...

**Kesimpulan :**

4. Amati pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada *cycle* dan *path*. Bagaimanakah cara mendapatkan *local antimagic vertex coloring* pada *Path* jika diturunkan dari *local antimagic vertex coloring* pada *Cycle*?

## KEBARUAN

*(Tujuan dari “Ayo Melakukan Riset” ini adalah untuk mengetahui kebaruan mahasiswa dalam permasalahan local antimagic vertex coloring)*

### Ayo Melakukan Riset

#### **Tahap 1. Menentukan graf dan penamaannya**

- a) Gambarlah sebuah graf dasar dengan minimal 3 titik beserta ekspansinya
- b) Berilah nama pada masing-masing graf yang telah digambar, termasuk nama graf dasarnya

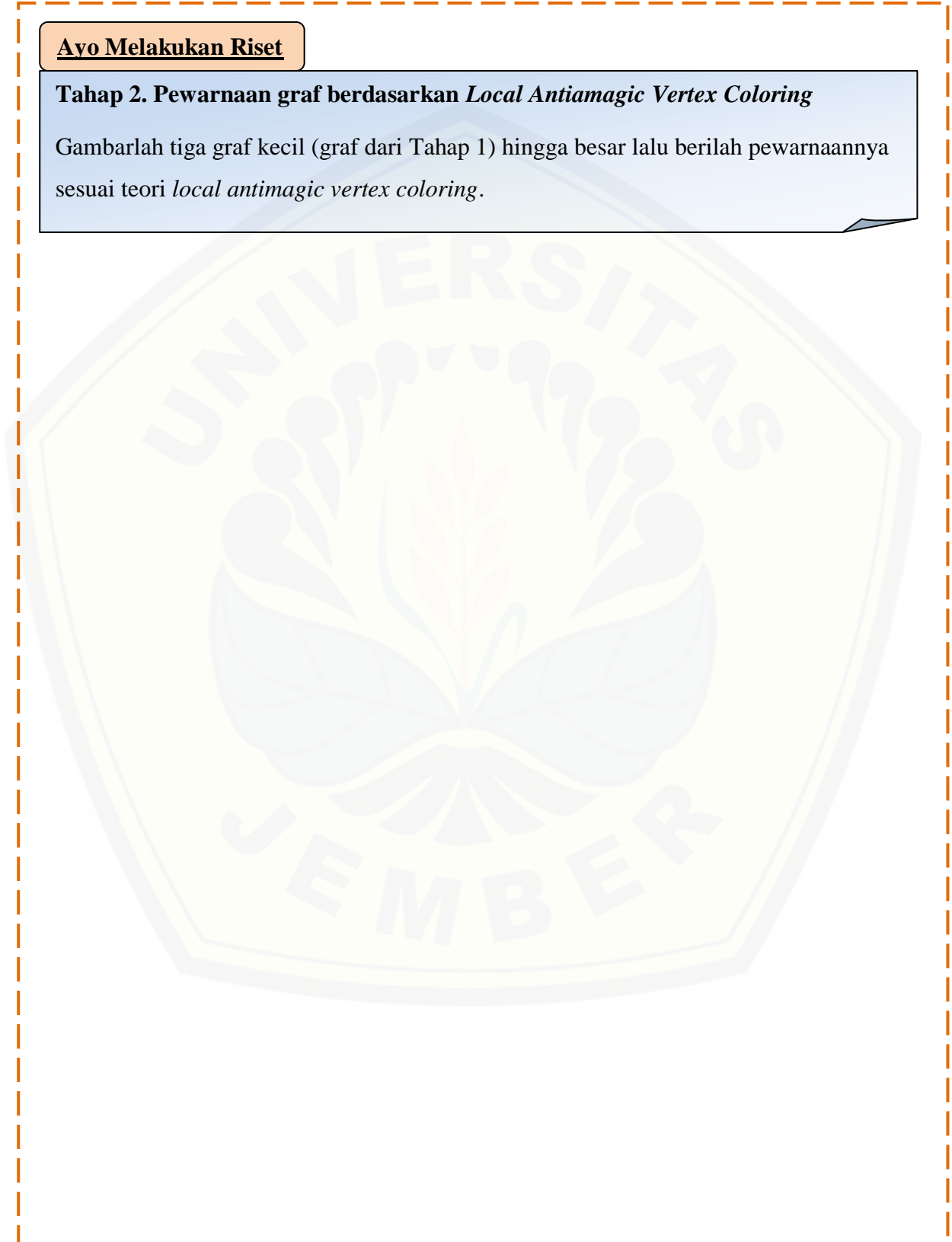
## KEFASIHAN

(Tujuan dari “Ayo Melakukan Riset” ini adalah untuk mengetahui kefasihan mahasiswa dalam permasalahan *local antimagic vertex coloring*)

### Ayo Melakukan Riset

#### **Tahap 2. Pewarnaan graf berdasarkan *Local Antiamagic Vertex Coloring***

Gambarlah tiga graf kecil (graf dari Tahap 1) hingga besar lalu berilah pewarnaannya sesuai teori *local antimagic vertex coloring*.





## Tes Keterampilan Berpikir Kreatif 2

### Lembar Kerja Mahasiswa Materi : Local Antimagic Vertex Coloring

#### PETUNJUK LKM

- ❖ Berdoalah sebelum mengerjakan tes berikut.
- ❖ Perhatikan penjelasan dosen mengenai proses pembelajaran yang akan dilaksanakan
- ❖ Tulislah nama anggota kelompok beserta NIM di tempat yang telah disediakan
- ❖ Bacalah materi pada LKM dengan teliti
- ❖ Jawablah pertanyaan pada tempat yang disediakan bersama anggota kelompok
- ❖ Bertanyalah pada dosen jika ada hal yang belum dipahami
- ❖ Waktu yang disediakan untuk mengerjakan adalah 90 menit

- Kemampuan akhir yang diharapkan :  
Dapat mengembangkan *local antimagic vertex coloring* serta menentukan formulasi umum dari hasil pengembangan *local antimagic vertex coloring*
- Indikator :
  1. Mahasiswa dapat menentukan pola *local antimagic vertex coloring* pada suatu graf
  2. Mahasiswa dapat menentukan rumus umum pola *local antimagic vertex coloring* pada suatu graf

Nama & NIM Anggota :

1. ....

2. ....

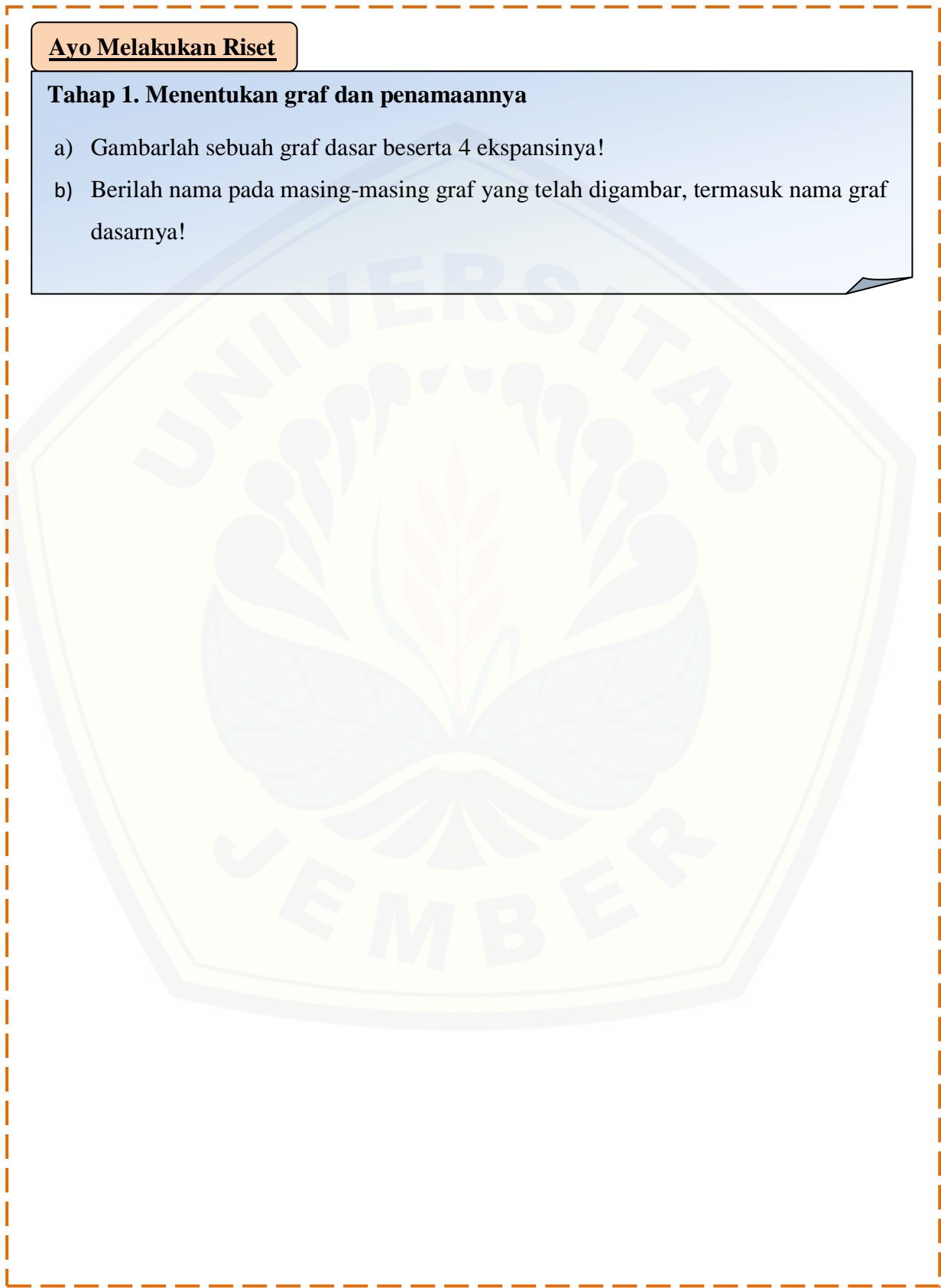
## KEBARUAN

*(Tujuan dari Tahap 1 adalah untuk mengetahui kebaruan mahasiswa dalam permasalahan local antimagic vertex coloring)*

### **Ayo Melakukan Riset**

#### **Tahap 1. Menentukan graf dan penamaannya**

- a) Gambarlah sebuah graf dasar beserta 4 ekspansinya!
- b) Berilah nama pada masing-masing graf yang telah digambar, termasuk nama graf dasarnya!



## FLEKSIBILITAS

(Tujuan dari Tahap 2 adalah untuk mengetahui fleksibilitas mahasiswa dalam permasalahan *local antimagic vertex coloring*)

### Ayo Melakukan Riset

#### **Tahap 2. Menentukan Kardinalitas Graf**

Gambarlah kembali satu graf dengan ekspansi terbesar pada tahap pertama, kemudian berilah notasi pada masing-masing *vertex*-nya. Kemudian tentukan:

- a. Himpunan titik  $V$
- b. Himpunan sisi  $E$
- c. Banyak titik  $|V|$
- d. Banyak sisi  $|E|$
- e. Derajat tertinggi  $\Delta$

## KEFASIHAN & FLEKSIBILITAS

(Tujuan dari Tahap 3 adalah untuk mengetahui kefasihan & fleksibilitas mahasiswa dalam permasalahan local antimagic vertex coloring)

### Ayo Melakukan Riset

#### **Tahap 3. Pelabelan graf berdasarkan *Local Antimagic Vertex Coloring***

- a. Gambarlah graf dasar beserta 4 ekspansinya seperti pada tahap 1!
- b. Tulislah kardinalitas graf beserta notasinya!
- c. Berilah pelabelan pada masing-masing graf sesuai teori *Local Antimagic Vertex Coloring*!



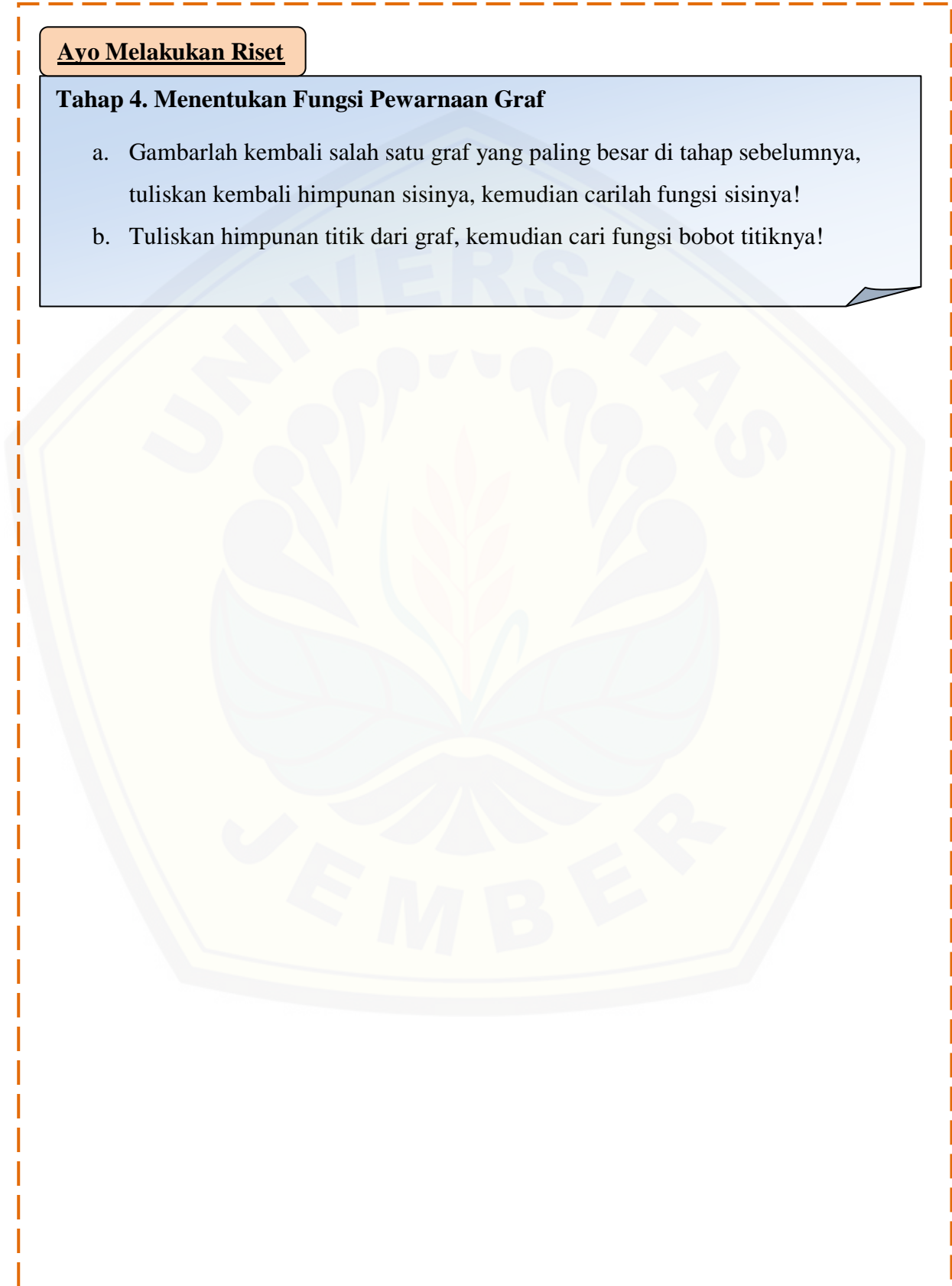
## FLEKSIBILITAS

*(Tujuan dari Tahap 4 adalah untuk mengetahui fleksibilitas mahasiswa dalam permasalahan local antimagic vertex coloring)*

### **Ayo Melakukan Riset**

#### **Tahap 4. Menentukan Fungsi Pewarnaan Graf**

- a. Gambarlah kembali salah satu graf yang paling besar di tahap sebelumnya, tuliskan kembali himpunan sisinya, kemudian carilah fungsi sisinya!
- b. Tuliskan himpunan titik dari graf, kemudian cari fungsi bobot titiknya!









## KEFASIHAN & KEBARUAN

*(Tujuan dari Tahap 5 adalah untuk mengetahui kefasihan dan kebaruan mahasiswa dalam permasalahan local antimagic vertex coloring)*

### **Ayo Melakukan Riset**

#### **Tahap 5. Pengecekan dan penarikan kesimpulan**

- a. Uji coba keberlakuan fungsi bobot titik yang telah ditemukan di tahap 4 pada graf-graf dengan ekspansi yang lain!
- b. Berdasarkan tahap 1 sampai tahap 4, tuliskan kesimpulan beserta fungsi bobot titik yang telah ditemukan!



## PEDOMAN WAWANCARA

- Wawancara yang dilakukan pada mahasiswa mengacu pada pedoman wawancara.
  - Pedoman wawancara ini hanya digunakan sebagai acuan garis besar saja dan peneliti boleh mengembangkan pertanyaan untuk keperluan penelitian.
- 

Beberapa pertanyaannya adalah sebagai berikut:

- Bagaimanakah soal pada tes?
- Bagaimana Anda menemukan pola *local antimagic vertex coloring* pada suatu graf?
- Dari keseluruhan tes tersebut, dapatkah Anda menarik kesimpulan tentang apa yang Anda kerjakan?
- Dari keseluruhan tes, pada bagian manakan yang sulit menurut Anda?
- Apakah Anda tertarik untuk menemukan pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada graf baru yang Anda temukan sendiri?
- Bagaimana pola pada graf yang telah Anda temukan?
- Ketika menemukan pola pada graf, apakah Anda dapat menemukan rumus umumnya?
- Kesulitan apa yang Anda alami dalam menemukan rumus umumnya?
- Sudahkah Anda cek kebenaran rumus umumnya?



	<i>antimagic vetex coloring</i> (LAVC )pada suatu graf																
4.	Siswa melengkapi seluruh proses LAVC																
5.	Siswa menulis laporan																

Keterangan Nilai :

- 5 : sangat aktif
- 4 : aktif
- 3 : ragu-ragu
- 2 : pasif
- 1 : sangat pasif

Catatan :

.....  
 .....  
 .....

Jember, .....

Observer/Pengamat

(.....)

**LEMBAR VALIDASI**  
**PRE-TEST**

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
2. Keterangan : 1: tidak valid  
2: kurang valid  
3: cukup valid  
4: valid  
5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi a. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC) b. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas					
2.	Validitas konstruksi a. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika b. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes					
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa					
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes					

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

1. Dapat digunakan dengan revisi besar
2. Dapat digunakan dengan revisi kecil
3. Dapat digunakan tanpa revisi

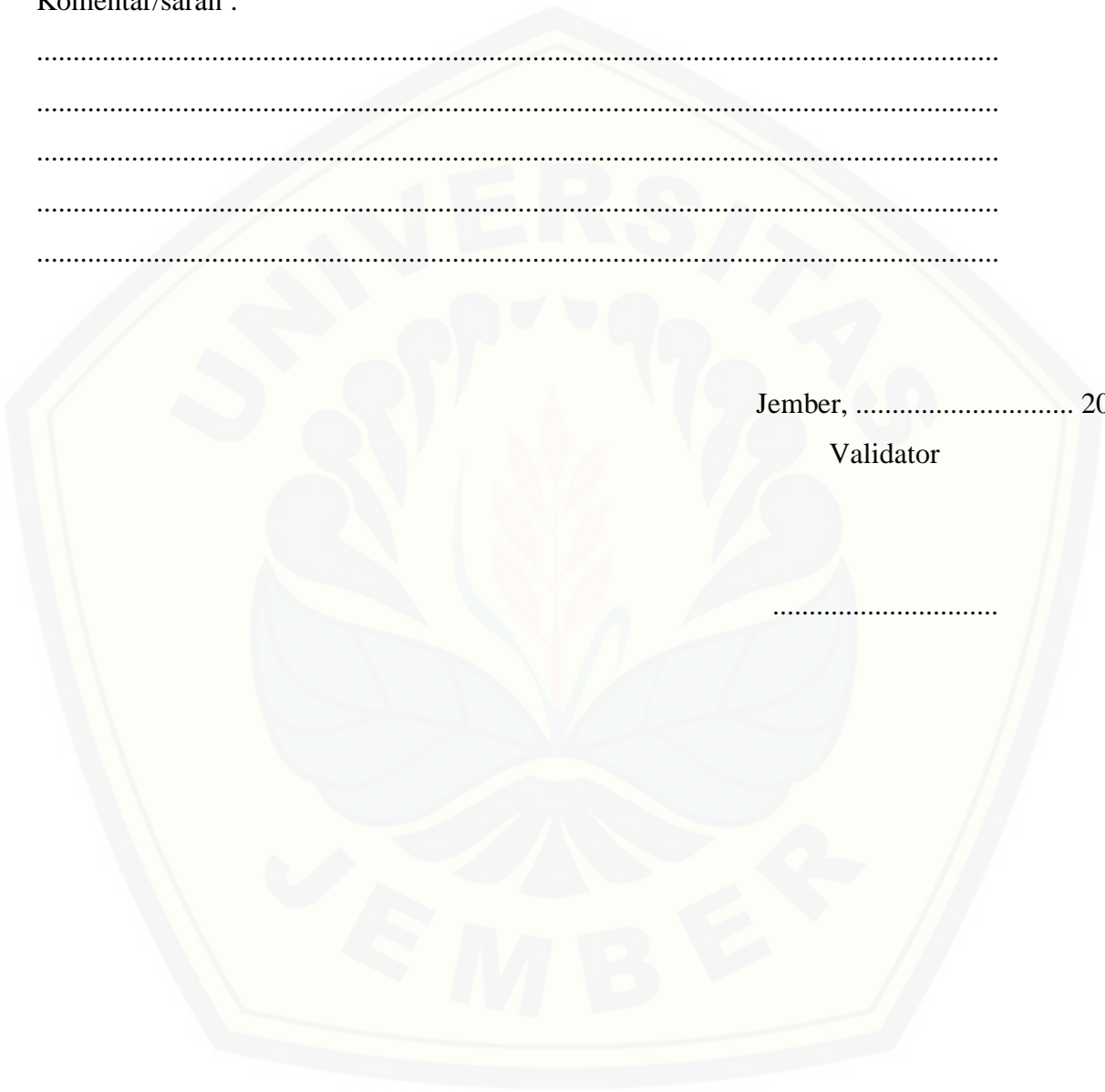
Komentar/saran :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Jember, ..... 2017

Validator

.....



**LEMBAR VALIDASI**  
**POST-TEST**

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
2. Keterangan : 1: tidak valid  
 2: kurang valid  
 3: cukup valid  
 4: valid  
 5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi  a. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC)  b. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas					
2.	Validitas konstruksi  a. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika  b. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes					
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa					
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes					



Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

1. Dapat digunakan dengan revisi besar
2. Dapat digunakan dengan revisi kecil
3. Dapat digunakan tanpa revisi

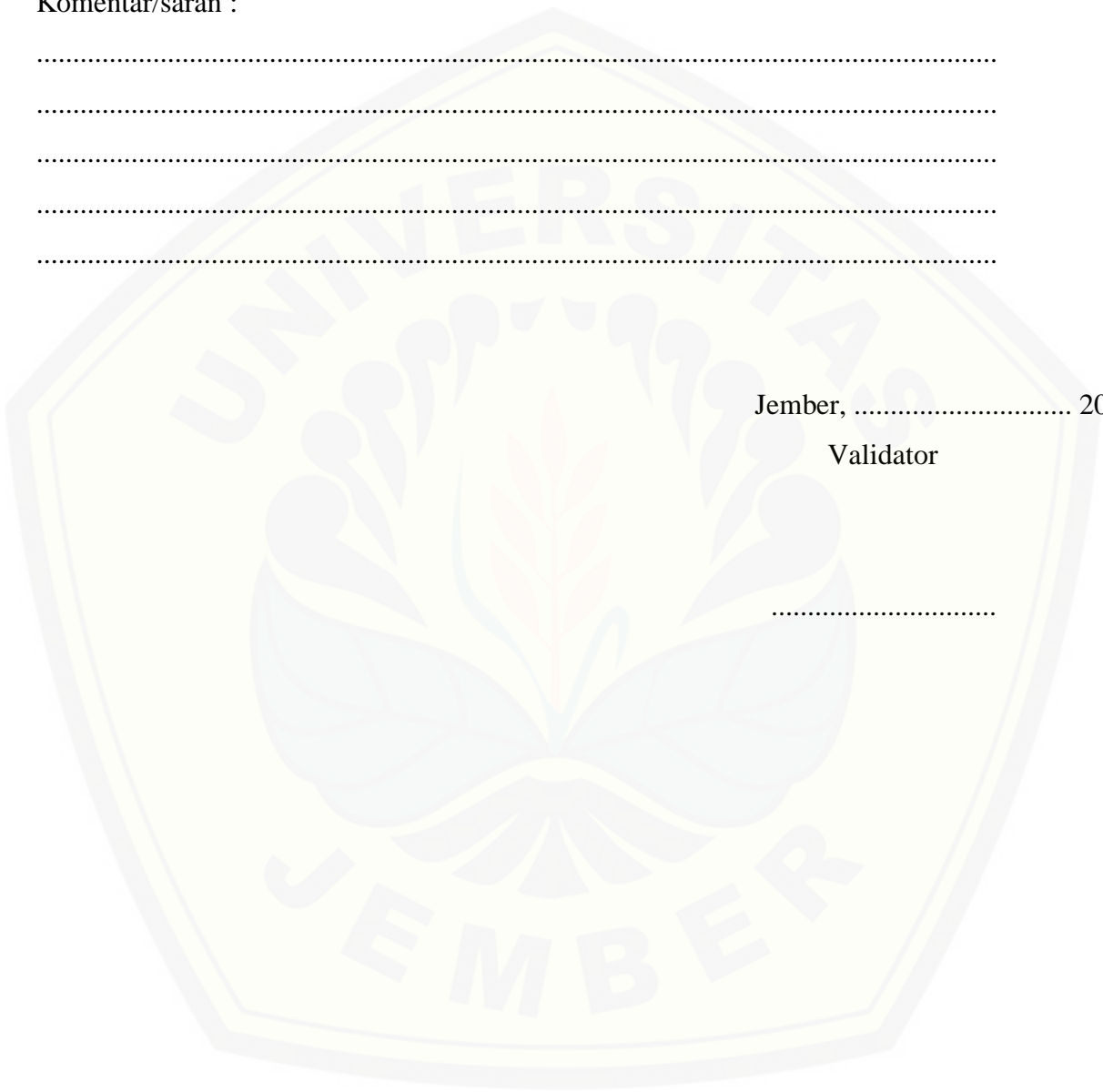
Komentar/saran :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Jember, ..... 2017

Validator

.....



**LEMBAR VALIDASI LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)  
BERDASARKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF**

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
2. Keterangan : 1: tidak valid  
                   2: kurang valid  
                   3: cukup valid  
                   4: valid  
                   5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi  a. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC)  b. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas					
2.	Validitas konstruksi  a. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika  b. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes					
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa					
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes					

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

1. Dapat digunakan dengan revisi besar
2. Dapat digunakan dengan revisi kecil
3. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....

.....

.....

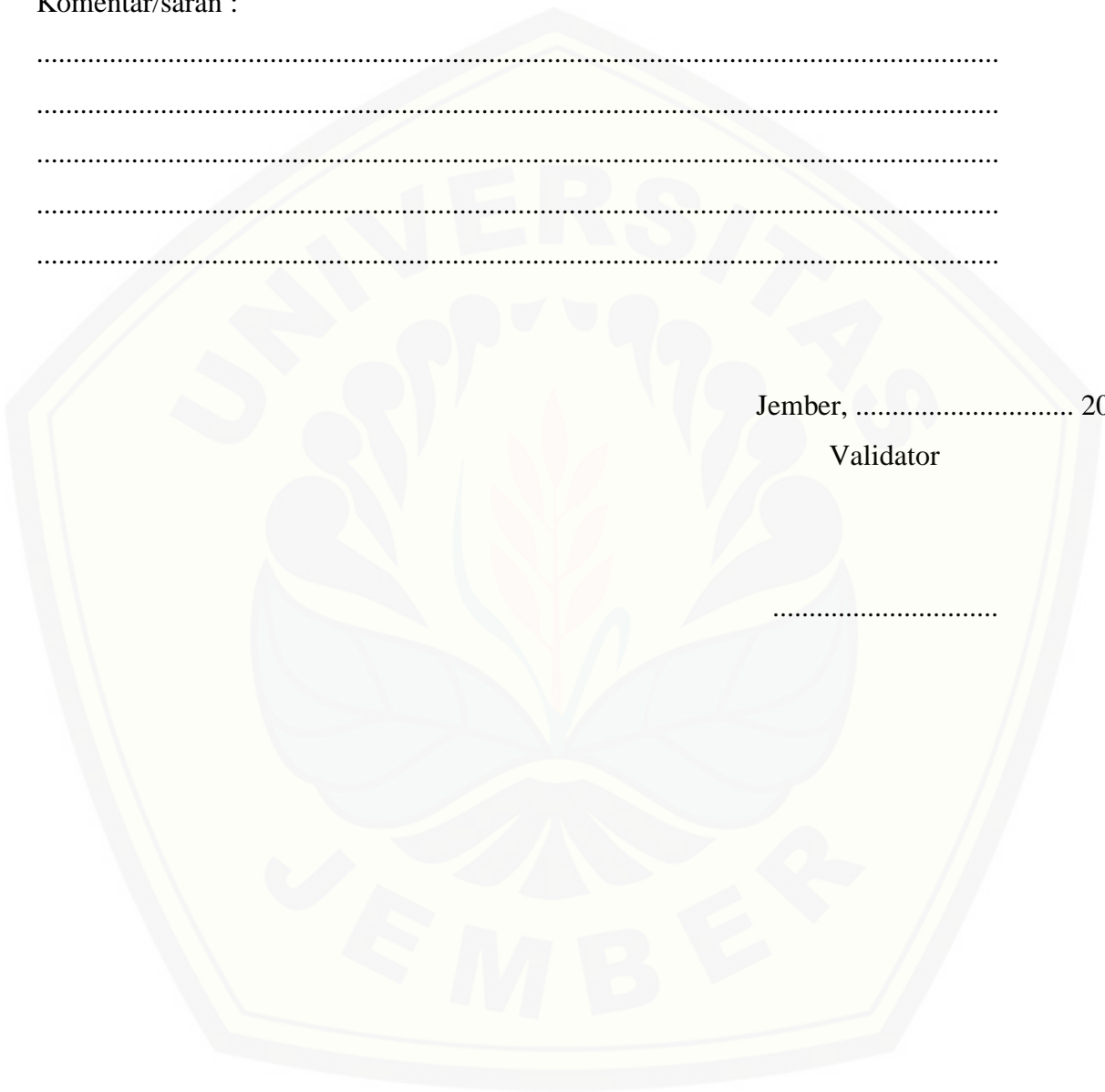
.....

.....

Jember, ..... 2017

Validator

.....



**LEMBAR VALIDASI  
PEDOMAN WAWANCARA**

Petunjuk:

- 1) Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
- 2) Keterangan : 1: berarti “tidak baik”  
 2: berarti “kurang baik”  
 3: berarti “cukup baik”  
 4: berarti “baik”  
 5: berarti “sangat baik”

No.	Aspek yang diamati	Penilaian				
		1	2	3	4	5
1.	Pertanyaan yang diajukan dapat menggali indikator keterampilan berpikir kreatif					
2.	Pertanyaan yang diajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar					
3.	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda					
4.	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami					

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

1. Dapat digunakan dengan revisi besar
2. Dapat digunakan dengan revisi kecil
3. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....  
 .....

Jember, ..... 2017

Validator

.....

LEMBAR VALIDASI

PRE-TEST

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
2. Keterangan : 1: tidak valid  
2: kurang valid  
3: cukup valid  
4: valid  
5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi					
	c. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagick Vertex Coloring</i> (LAVC) d. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas				√	√
2.	Validitas konstruksi					
	c. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika d. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					√ √
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes				√	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa				√	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes					√

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

1. Dapat digunakan dengan revisi besar
2. Dapat digunakan dengan revisi kecil ✓
3. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....

.....

.....

.....

.....

Jember, 24 Agustus ..... 2017

Validator



Robiatul Adawiyah, S.Pd., M. Si.

## LEMBAR VALIDASI PRE-TEST

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
2. Keterangan : 1: tidak valid  
2: kurang valid  
3: cukup valid  
4: valid  
5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi					
	c. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC) d. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas				√	
2.	Validitas konstruksi					
	c. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika d. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					√  c
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes				√	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa				√	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes				√	

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

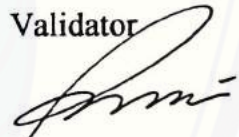
1. Dapat digunakan dengan revisi besar
- ② Dapat digunakan dengan revisi kecil
3. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Jember, 25 Agustus ..... 2017

Validator



Rendi Pratama M.Pd-MPd  
NIP. 19806202015091002



LEMBAR VALIDASI  
POST-TEST

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
2. Keterangan : 1: tidak valid  
2: kurang valid  
3: cukup valid  
4: valid  
5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi					
	e. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC) f. Maksud soal dirumuskan dengan singkat dan jelas				✓	✓
2.	Validitas konstruksi					
	e. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika f. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					✓ ✓
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes				✓	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa				✓	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes					✓

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

4. Dapat digunakan dengan revisi besar
5. Dapat digunakan dengan revisi kecil ✓
6. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....

.....

.....

.....

.....

Jember, 24 Agustus ..... 2017

Validator



Roblatul Adawiyah, S.Pd. M.Si.

LEMBAR VALIDASI  
POST-TEST

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda

2. Keterangan : 1: tidak valid

2: kurang valid

3: cukup valid

4: valid

5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi					
	e. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC) f. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas				✓	✓
2.	Validitas konstruksi					
	e. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika f. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					✓ ✓
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes				✓	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa				✓	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes				✓	

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

4. Dapat digunakan dengan revisi besar
- ⑤ Dapat digunakan dengan revisi kecil
6. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....

.....


.....

.....

.....

Jember, 25 Agustus ..... 2017

Validator

  
Rendi Pratama M-SPd-MPd  
NIP. 19880620201509002

## LEMBAR VALIDASI LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM) BERDASARKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
2. Keterangan : 1: tidak valid  
2: kurang valid  
3: cukup valid  
4: valid  
5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi					
	a. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC) b. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas					✓ ✓
2.	Validitas konstruksi					
	a. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika b. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					✓ ✓
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes				✓	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa				✓	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes				✓	

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

1. ~~7~~. Dapat digunakan dengan revisi besar
2. ~~8~~. Dapat digunakan dengan revisi kecil ✓
3. ~~9~~. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....

.....

.....

.....

.....

Jember, 24 Agustus 2017

Validator



Robiatul Adawiyah, S.Pd., M.Si

## LEMBAR VALIDASI LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM) BERDASARKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF

Petunjuk:

1. Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
2. Keterangan : 1: tidak valid  
2: kurang valid  
3: cukup valid  
4: valid  
5: sangat valid

No.	Aspek yang dinilai	Nilai				
		1	2	3	4	5
1.	Validitas Isi					
	a. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC) b. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas				✓	✓
2.	Validitas konstruksi					
	a. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika b. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).					✓ ✓
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes				✓	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa				✓	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes				✓	

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

4. Dapat digunakan dengan revisi besar
- ⑤ Dapat digunakan dengan revisi kecil
6. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....

.....

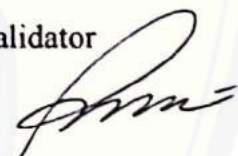
.....

.....

.....

Jember, 25 Agustus ..... 2017

Validator

  
Rendi Pratama M.Pd M.Pd  
NIP. 19880620201509002



**LEMBAR VALIDASI  
PEDOMAN WAWANCARA**

Petunjuk:

- 1) Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
- 2) Keterangan : 1: berarti “tidak baik”  
2: berarti “kurang baik”  
3: berarti “cukup baik”  
4: berarti “baik”  
5: berarti “sangat baik”

No.	Aspek yang diamati	Penilaian				
		1	2	3	4	5
1.	Pertanyaan yang diajukan dapat menggali indikator keterampilan berpikir kreatif					✓
2.	Pertanyaan yang diajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar					✓
3.	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda				✓	
4.	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami				✓	

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

1. Dapat digunakan dengan revisi besar
2. Dapat digunakan dengan revisi kecil ✓
3. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....  
.....

Jember, 29 Agustus ..... 2017

Validator



Aebatul Adawiyah, S.Pd.M.si.

## LEMBAR VALIDASI PEDOMAN WAWANCARA

Petunjuk:

- 1) Berilah tanda (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda
- 2) Keterangan : 1: berarti “tidak baik”  
 2: berarti “kurang baik”  
 3: berarti “cukup baik”  
 4: berarti “baik”  
 5: berarti “sangat baik”

No.	Aspek yang diamati	Penilaian				
		1	2	3	4	5
1.	Pertanyaan yang diajukan dapat menggali indikator keterampilan berpikir kreatif					✓
2.	Pertanyaan yang diajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar					✓
3.	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda					✓
4.	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami				✓	

Berdasarkan hal di atas, tes keterampilan berpikir kreatif tersebut :

1. Dapat digunakan dengan revisi besar
- ② Dapat digunakan dengan revisi kecil
3. Dapat digunakan tanpa revisi

Komentar/saran :

.....  
 .....

Jember, ..... 2017

Validator

*Randi Pratama*  
 Randi Pratama M. SPd MEd  
 NIP. 88806202015041002

ANALISIS VALIDITAS *PRE-TEST*

No.	Aspek yang dinilai	Penilaian		$I_i$	$V_a$
		Validator 1	Validator 2		
1.	Validitas Isi				4,5
	a. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC)	5	4	4,5	
b. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas	4	5	4,5		
2.	Validitas konstruksi				
	a. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika	5	5	5	
b. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).	5	5	5		
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes	4	4	4	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa	4	4	4	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes	5	4	4,5	

ANALISIS VALIDITAS *POST-TEST*

No.	Aspek yang dinilai	Penilaian		$I_i$	$V_a$
		Validator 1	Validator 2		
1.	Validitas Isi				4,5
	a. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC)	5	4	4,5	
b. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas	4	5	4,5		
2.	Validitas konstruksi				
	a. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika	5	5	5	
b. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).	5	5	5		
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes	4	4	4	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa	4	4	4	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes	5	4	4,5	

## ANALISIS VALIDITAS LKM

No.	Aspek yang dinilai	Penilaian		$I_i$	$V_a$
		Validator 1	Validator 2		
1.	Validitas Isi				4,5
	a. Soal yang diberikan berkaitan dengan materi pelabelan <i>Local Antimagic Vertex Coloring</i> (LAVC)	5	5	5	
b. Maksud soal dirumuskan dengans singkat dan jelas	5	4	4,5		
2.	Validitas konstruksi				
	a. Soal yang disajikan merupakan bentuk masalah matematika	5	5	5	
b. Soal dapat digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa yang meliputi kefasihan ( <i>fluency</i> ), fleksibilitas ( <i>flexibility</i> ), dan kebaruan ( <i>novelty</i> ).	5	5	5		
3.	Mencerminkan kejelasan petunjuk dalam mengerjakan soal tes	4	4	4	
4.	Mencerminkan ketepatan penggunaan bahasa	4	4	4	
5.	Mencerminkan kesesuaian proporsi waktu dalam mengerjakan tes	4	4	4	

## ANALISIS VALIDITAS PEDOMAN WAWANCARA

No.	Aspek yang dinilai	Penilaian		$I_i$	$V_a$
		Validator 1	Validator 2		
1.	Pertanyaan yang diajukan dapat menggali indikator keterampilan berpikir kreatif	5	5	5	<b>4,6</b>
2.	Pertanyaan yang diajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar	5	5	5	
3.	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda	4	5	4,5	
4.	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami	4	4	4	

**Pedoman Penskoran**  
**Keterampilan Berpikir Kreatif**

No.	Aspek yang diukur	Kriteria Jawaban	Skor
1.	Kefasihan ( <i>fluency</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik memberikan pelabelan dengan benar untuk graf</li> <li>• Pola pelabelan berlaku untuk umum (semua ekspansi).</li> <li>• Peserta didik mampu menentukan bilangan kromatik dari graf.</li> </ul>	3
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik memberikan pelabelan dengan benar untuk graf</li> <li>• Pola pelabelan berlaku tidak untuk umum (hanya berlaku pada beberapa ekspansi saja).</li> <li>• Peserta didik mampu menentukan bilangan kromatik dari graf.</li> </ul>	2
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik memberikan pelabelan dengan benar untuk graf</li> <li>• Pola pelabelan berlaku tidak untuk umum (hanya berlaku pada beberapa ekspansi saja atau pelabelan tidak optimal).</li> <li>• Peserta didik tidak mampu menentukan bilangan kromatik dari graf.</li> </ul>	1
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik tidak dapat melabeli graf dengan benar</li> <li>• Peserta didik tidak dapat menentukan bilangan kromatik dari graf</li> </ul>	0

2.	Fleksibilitas ( <i>flexibility</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mampu memberikan notasi dan mampu menuliskan kardinalitas dengan benar</li> <li>• Peserta didik mampu menemukan fungsi pewarnaan dengan benar</li> </ul>	3
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mampu memberikan notasi dan menuliskan kardinalitas dengan benar</li> <li>• Peserta didik tidak mampu menemukan fungsi pewarnaan dengan benar</li> </ul>	2
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mampu memberikan notasi dan menuliskan kardinalitas, namun ada sebagian yang salah.</li> <li>• Peserta didik tidak mampu menemukan fungsi pewarnaan dengan benar</li> </ul>	1
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik tidak mampu memberikan dan menuliskan kardinalitas.</li> <li>• Peserta didik tidak mampu menemukan fungsi pewarnaan dengan benar</li> </ul>	0
3.	Kebaruan ( <i>novelty</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mampu menciptakan sebuah graf baru yang merupakan gagasannya sendiri dan pola pelabelannya berlaku untuk semua ekspansi graf.</li> </ul>	3



		<ul style="list-style-type: none"><li>• Peserta didik mampu menciptakan sebuah graf baru dan pola pelabelannya optimal.</li></ul>	2
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Peserta didik mampu menciptakan sebuah graf baru namun pola pelabelan yang diberikan tidak optimal</li></ul>	1
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Peserta didik tidak mampu menciptakan sebuah graf baru dengan pelabelan LAVC.</li></ul>	0

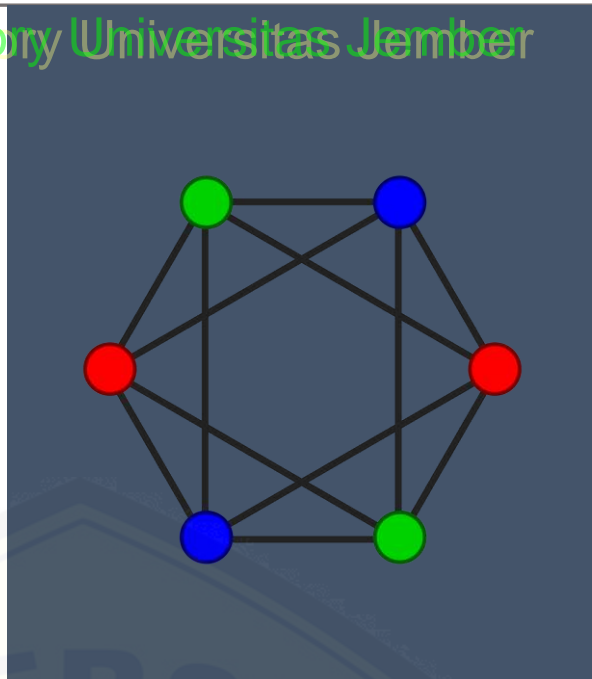
Skor Hasil Tes Keterampilan Berpikir Kreatif Kelas Eksperimen

Subyek Penelitian	Aspek					
	Kefasihan		Fleksibilitas		Kebaruan	
	Skor	Kategori	Skor	Kategori	Skor	Kategori
S01	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S02	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S03	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S04	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S05	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S06	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S07	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S08	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S09	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S10	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S11	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S12	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S13	3	sangat baik	3	sangat baik	3	sangat baik
S14	3	sangat baik	3	sangat baik	2	baik

S15	3	sangat baik	3	sangat baik	2	baik
S16	3	sangat baik	2	baik	3	sangat baik
S17	3	sangat baik	2	baik	2	baik
S18	3	sangat baik	2	baik	2	baik
S19	3	sangat baik	2	baik	2	baik
S20	3	sangat baik	2	baik	2	baik
S21	3	sangat baik	3	sangat baik	2	baik
S22	3	sangat baik	2	baik	2	baik
S23	2	baik	3	sangat baik	2	baik
S24	2	baik	2	baik	2	baik
S25	2	baik	2	baik	2	baik
S26	2	baik	2	baik	2	baik
S27	2	baik	2	baik	2	baik
S28	2	baik	2	baik	1	kurang baik
S29	2	baik	2	baik	1	kurang baik
S30	2	baik	2	baik	1	kurang baik
S31	2	baik	2	baik	1	kurang baik
S32	2	baik	1	kurang baik	1	kurang baik

S33	2	baik	1	kurang baik	1	kurang baik
S34	1	kurang baik	1	kurang baik	1	kurang baik
S35	1	kurang baik	1	kurang baik	1	kurang baik
S36	1	kurang baik	1	kurang baik	1	kurang baik





# MONOGRAF

LOCAL ANTIMAGIC VERTEX  
COLORING

Nuris Hisan Nazula

---

## MONOGRAF

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga Monograf tentang *Local Antimagic Vertex Coloring* telah dapat diselesaikan. Monograf ini berisi tentang hasil-hasil penelitian *Local Antimagic Vertex Coloring* baik yang sudah ditemukan oleh beberapa peneliti terdahulu maupun hasil penemuan penulis sendiri.

Terimakasih disampaikan kepada Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D dan Prof. Drs. Slamir, M.Comp.Sc., Ph.D atas kesabarannya dalam membimbing penulis sehingga monograf dapat diselesaikan monograf ini dengan baik.

Kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam buku ini untuk itu kritik dan saran terhadap penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Penulis

## MONOGRAF

## PENDAHULUAN

*Local antimagic vertex coloring* merupakan suatu pelabelan baru yang dikembangkan dari *antimagic labeling* dan *vertex coloring*. *Vertex coloring* atau pewarnaan titik pada suatu graf  $G$  adalah memberikan warna berbeda kepada titik-titik di graf  $G$  dengan syarat setiap dua titik yang bertetangga memiliki warna yang berbeda. Pewarnaan titik yang optimal adalah pewarnaan yang menggunakan warna seminimal mungkin.

Pewarnaan titik ini bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan sehari-hari, contohnya seperti pewarnaan dalam peta. Terkadang sebuah peta menggunakan warna yang berbeda untuk membedakan kota yang bersebelahan. Masalah tersebut dapat diselesaikan dengan pewarnaan titik. Dalam hal ini kota diibaratkan sebagai titik, dan kota yang bertetangga dihubungkan dengan sisi seperti pada Gambar 1. Kemudian graf yang merepresentasikan peta tersebut dilabeli berdasarkan pewarnaan titik agar warna yang digunakan dalam peta bisa seminimal mungkin.



Gambar 1. Peta yang direpresentasikan dengan graf  
[http://en.citizendium.org/wiki/Four\\_color\\_theorem](http://en.citizendium.org/wiki/Four_color_theorem)

## MONOGRAF

Pada tahun 2017 Arumugam dkk mengenalkan konsep local antimagic vertex coloring yang didefinisikan sebagai berikut.

**Definisi**

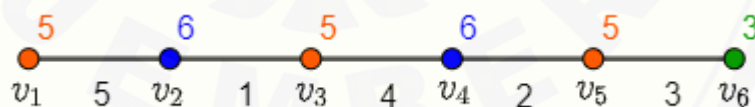
Misalkan graf  $G = (V, E)$  adalah graf terhubung dengan  $|V| = n$  dan  $|E| = m$ . Fungsi bijektif  $f: E \rightarrow \{1, 2, \dots, m\}$  disebut *local antimagic labeling* jika untuk setiap dua titik  $u$  dan  $v$  yang berdekatan,  $w(u) \neq w(v)$ , dimana  $w(u) =$  jumlah dari label sisi yang *adjacent* dengan titik  $u$ . Sehingga setiap *local antimagic labeling* menyebabkan *vertex coloring* pada graf  $G$  dimana titik  $v$  diberi warna  $w(v)$ . Bilangan kromatik local antimagic  $\chi_{la}(G)$  didefinisikan sebagai banyak warna minimal yang digunakan dalam pewarnaan graf  $G$  menggunakan *local antimagic labeling*.

### LOCAL ANTIMAGIC VERTEX COLORING PADA PENELITIAN TERDAHULU

Berikut ini akan disajikan beberapa penelitian tentang *Local Antimagic Vertex Coloring*.

#### 1. Graf Lintasan (*Path Graph*)

Untuk graf lintasan  $P_n = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  dengan  $n \geq 3$ , maka didapatkan  $\chi_{la}(P_n) = 3$  (Arumugam dkk, 2017).

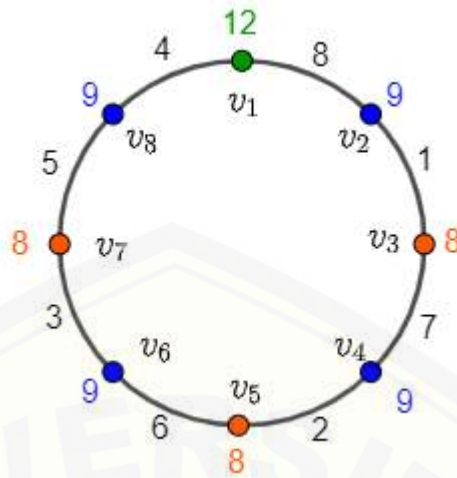


#### 2. Graf Lingkaran (*Cycle Graph*)

Untuk graf lingkaran  $C_n = \{v_1, v_2, \dots, v_n, v_1\}$ , maka didapatkan  $\chi_{la}(C_n) = 3$  (Arumugam, 2017).

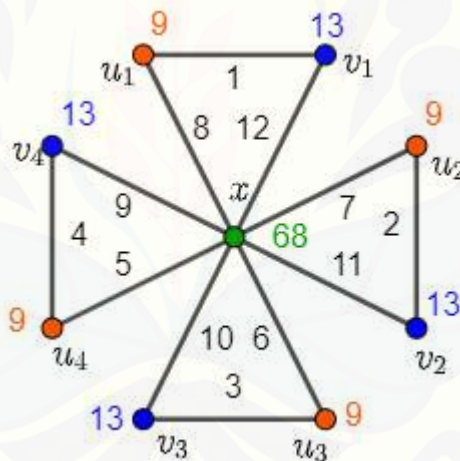


MONOGRAF



3. Graf Friendship

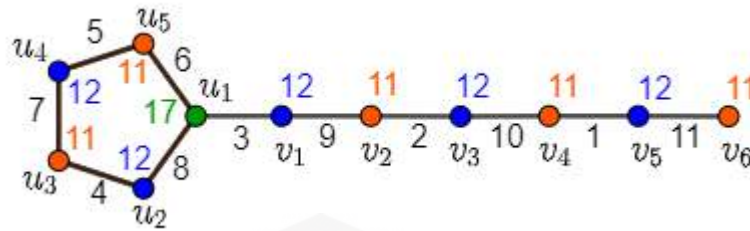
Untuk graf friendship  $F_n$ , didapatkan  $\chi_{la}(F_n) = 3$  (Arumugam, 2017).



4. Graf Layang-Layang (Kite Graph)

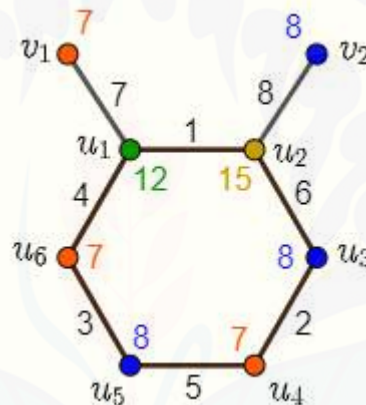
Untuk graf layang-layang  $Kt_{n,m}$  dengan  $n \geq 3$  dan  $m \geq 1$ , maka didapatkan  $\chi_{la}(Kt_{n,m}) = 3$  (Nazula, Slamin, dan Dafik, 2018).

## MONOGRAF



5. Graf lingkaran dengan dua tetangga liontin (*Cycle with two neighbour pendant Graph*)

Untuk graf *Cycle with two neighbour pendant*  $Cp_n$  dengan  $n \geq 3$ , maka didapatkan  $\chi_{la}(Cp_n) = 4$  (Nazula, Slamin, dan Dafik, 2018).



Adapun langkah-langkah riset dalam pelabelan *local antimagic vertex coloring* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan sebuah graf yang akan menjadi objek riset
2. Menentukan kardinalitas graf yang meliputi notasi titik, himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik dan banyak sisi.
3. Menentukan pola pelabelan
4. Menentukan fungsi pelabelan

## MONOGRAF

Langkah-langkah di atas lebih dijelaskan dalam contoh pelabelan *local antimagic vertex coloring* pada graf *path* berikut:

1. Menentukan graf

Pada langkah ini, peneliti terlebih dahulu harus menentukan graf sebagai objek penelitian. Berikut disajikan graf lintasan (*path graph*) sebagai contoh.



Gambar Graf Lintasan (*Path Graph*)

2. Menentukan kardinalitas graf

Pada langkah ini, dilakukan pemberian notasi pada titik-titik dari graf objek penelitian. Notasi adalah simbol berupa huruf pada titik, dalam pemberian notasi harus menggunakan simbol seefisien mungkin, karena pemberian notasi akan mempengaruhi mudah tidaknya penulisan fungsi pelabelan.

Setelah memberikan notasi, kemudian berdasarkan notasi tersebut, tuliskan kardinalitas grafnya. Kardinalitas meliputi himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik, dan banyak sisi. Berikut disajikan notasi pada graf lintasan (*path graph*) dan kardinalitasnya.



Gambar Pemberian Notasi pada Graf Lintasan (*Path Graph*)

Graf lintasan di atas memiliki kardinalitas sebagai berikut.

$$V = \{x_i; 1 \leq i \leq n\}$$

$$|V| = n$$

$$E = \{x_i x_{i+1}; 1 \leq i \leq n - 1\}$$

$$|E| = n - 1$$

## MONOGRAF

## 3. Menentukan pola pelabelan

Pada langkah ini, graf yang sudah ditentukan sebagai objek riset akan diberi pelabelan. Pelabelan *local antimagic vertex coloring* dilakukan bertahap dari graf yang paling dasar kemudian graf hasil ekspanya. Proses pelabelan ini dilakukan sampai didapat sebuah pola dari pelabelan graf tersebut. Berikut disajikan pola pelabelan pada graf lintasan (*path graph*).



Gambar Pola Pelabelan LAVC pada Graf Lintasan (*Path Graph*)

## 4. Menentukan fungsi pelabelan

Fungsi pelabelan merupakan hasil gabungan dari pola pelabelan dan kardinalitas graf, jadi mudah tidaknya penulisan fungsi pelabelan ditentukan oleh notasi yang telah diberikan. Untuk mempermudah penulisan fungsi, notasi yang diberikan harus disesuaikan dengan pola pelabelannya. Berikut disajikan graf lintasan dengan notasi graf yang telah disesuaikan dengan pola pelabelannya.



Gambar Pelabelan LAVC pada Graf Lintasan (*Path Graph*)

Pola pelabelan dari graf lintasan tersebut membentuk sebuah barisan aritmatika pada pewarnaannya konstan. Fungsi pelabelan sisi yang terbentuk ada sebagai berikut:

$$f(x_i x_{i+1}) = \begin{cases} n - \frac{i+1}{2}, & \text{if } i \text{ is odd} \\ \frac{i}{2}, & \text{if } i \text{ is even} \end{cases}$$

# MONOGRAF

Sedangkan fungsi pelabelan titiknya sebagai berikut:

$$w(x_i) = \begin{cases} n - 1 & , \text{if } i \text{ is odd, } i \neq n \\ n & , \text{if } i \text{ is even, } i \neq n \\ \lfloor \frac{n}{2} \rfloor & , i = n \end{cases}$$

## PENEMUAN TERBARU

Hasil temuan *Local Antimagic Vertex Coloring* pada graf lain :

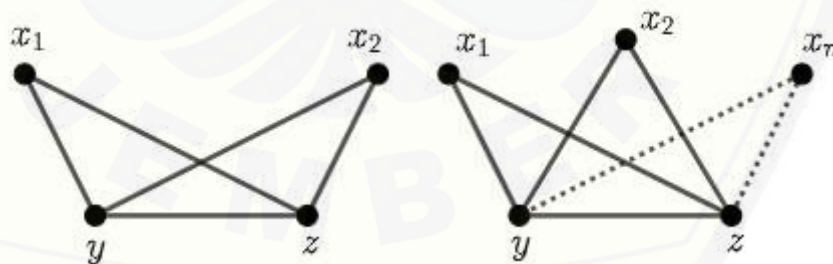
1. Graf  $F_{n,2} ; n \geq 2$

Untuk graf  $F_{n,2} ; n \geq 2$ , maka didapatkan  $\chi_{la}(F_n) = 3$ .

- a. Menentukan sebuah graf yang akan menjadi objek riset



- b. Menentukan kardinalitas graf yang meliputi notasi titik, himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik dan banyak sisi.



$$V = \{x_i ; 1 \leq i \leq n\} \cup \{y, z\}$$

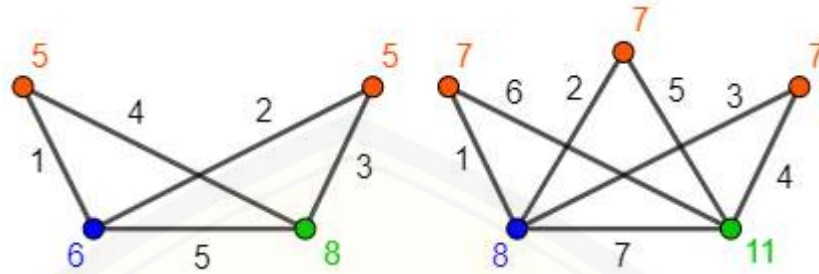
$$E = \{x_i y, x_i z ; 1 \leq i \leq n\} \cup \{yz\}$$

$$|V| = n + 2$$

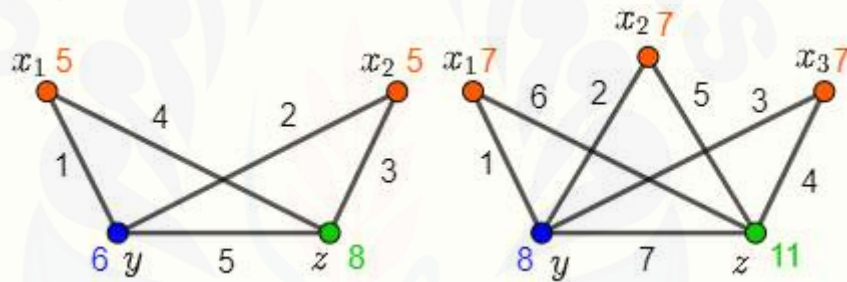
$$|E| = 2n + 1$$

MONOGRAF

c. Menentukan pola pelabelan



d. Menentukan fungsi pelabelan



➤ Fungsi label sisi

$$f(x_i y) = i; 1 \leq i \leq n$$

$$f(x_i z) = 2n + 1 - i; 1 \leq i \leq n$$

$$f(yz) = 2n + 1$$

➤ Fungsi Bobot Titik

$$w(x_i) = 2n + 1; 1 \leq i \leq n$$

$$w(y) = \sum_{i=1}^n (2n + 1 + i)$$

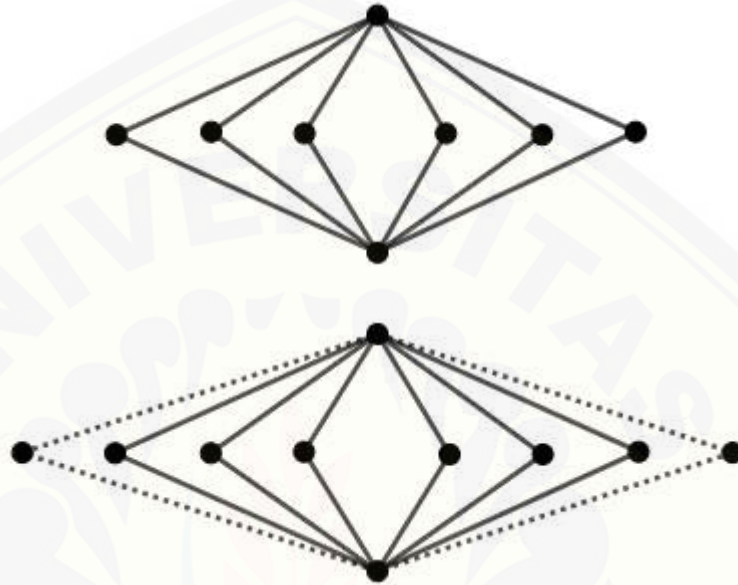
$$w(z) = \sum_{i=1}^n (4n + 2 - i)$$

## MONOGRAF

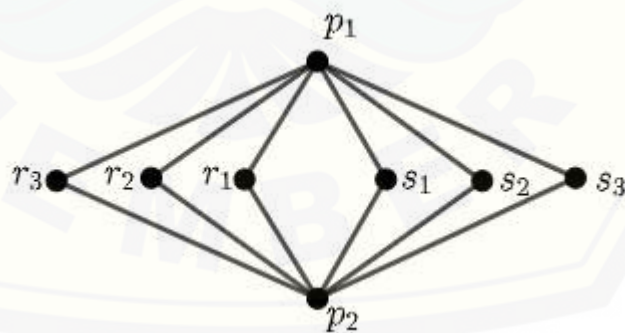
2. Graf  $amal(C_4, v, n)$ 

Untuk graf  $amal(C_4, v, n); n \geq 2$ , maka didapatkan  $\chi_{la}(amal(C_4, v, n)) = 4$ .

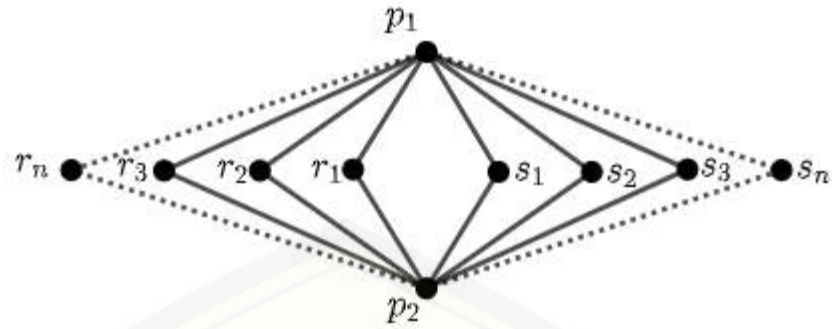
## a. Menentukan sebuah graf yang akan menjadi objek riset



## b. Menentukan kardinalitas graf yang meliputi notasi titik, himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik dan banyak sisi.



MONOGRAF



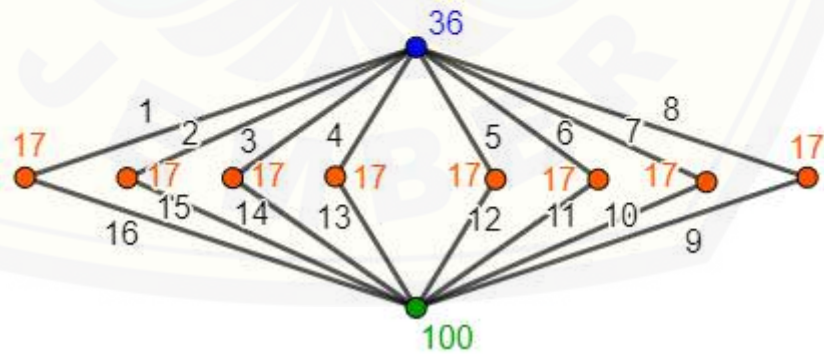
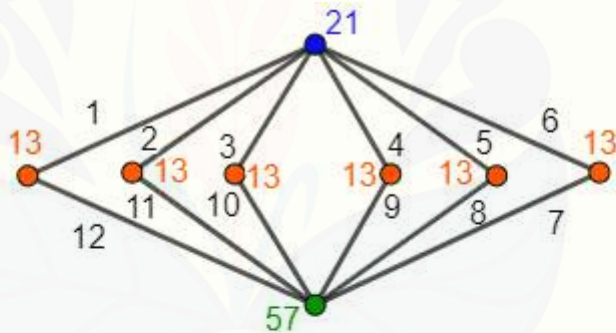
$$V = \{p_j ; j = 1, 2\} \cup \{r_i, s_i ; 1 \leq i \leq n\}$$

$$E = \{p_j r_i, p_j s_i ; j = 1, 2 ; 1 \leq i \leq n\}$$

$$|V| = 2n + 2$$

$$|E| = 4n$$

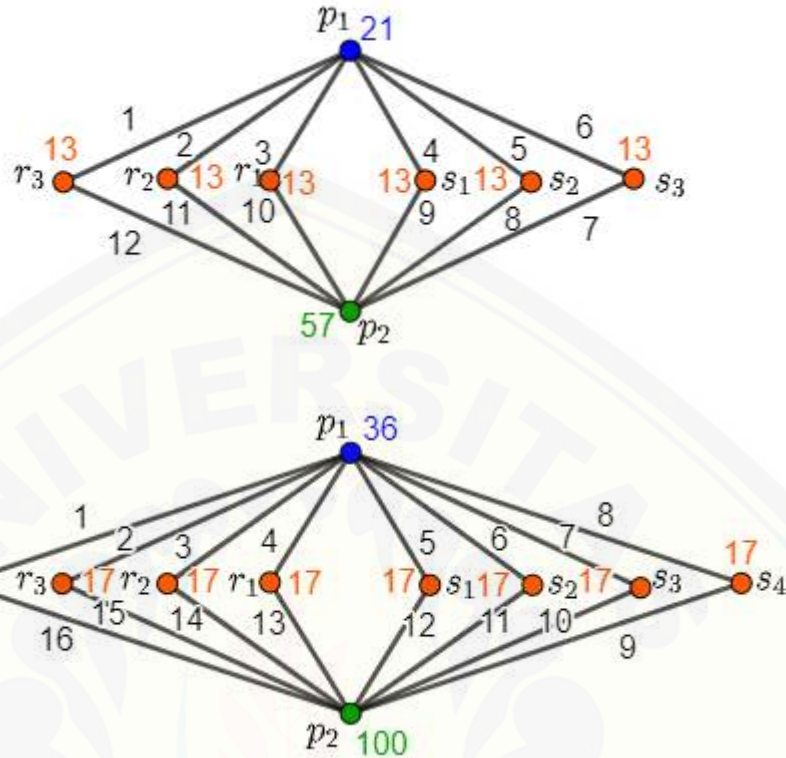
c. Menentukan pola pelabelan





MONOGRAF

d. Menentukan fungsi pelabelan



➤ Fungsi label sisi

$$f(p_j r_i) = \begin{cases} n + 1 - i & ; j = 1; 1 \leq i \leq n \\ 3n + i & ; j = 2; 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

$$f(p_j s_i) = \begin{cases} n + i & ; j = 1; 1 \leq i \leq n \\ 3n + 1 - i & ; j = 2; 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

➤ Fungsi bobot titik

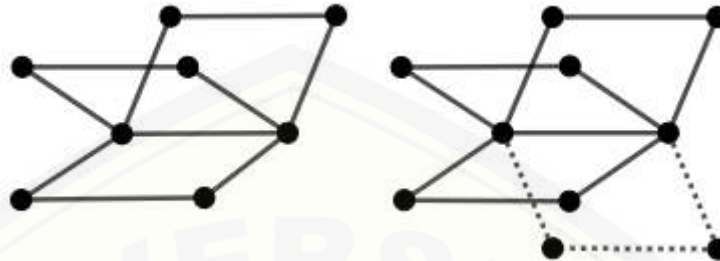
$$w(p_j) = \begin{cases} \sum_{i=1}^n (n + 1 - i) + \sum_{i=1}^n (n + i) & ; j = 1 \\ \sum_{i=1}^n (3n + i) + \sum_{i=1}^n (3n + 1 - i) & ; j = 2 \end{cases}$$

# MONOGRAF

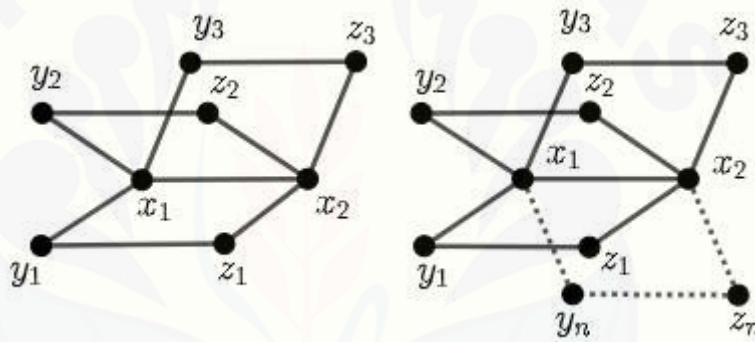
### 3. Graf Buku $B_n$ (Book Graph)

Untuk graf buku  $B_n$ , maka didapatkan  $\chi_{la}(B_n) = 4$ .

a. Menentukan sebuah graf yang akan menjadi objek riset



b. Menentukan kardinalitas graf yang meliputi notasi titik, himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik dan banyak sisi



$$V = \{x_i : 1 \leq i \leq 2\}$$

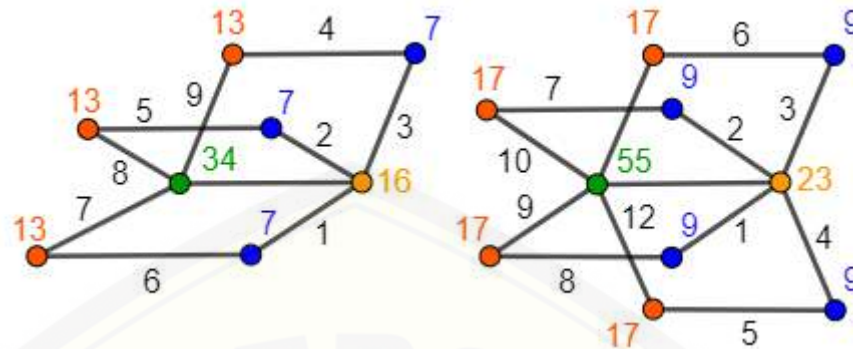
$$E = \{x_1x_2\} \cup \{x_1y_i, x_2z_i, y_iz_i; 1 \leq i \leq n\}$$

$$|V| = 2n + 2$$

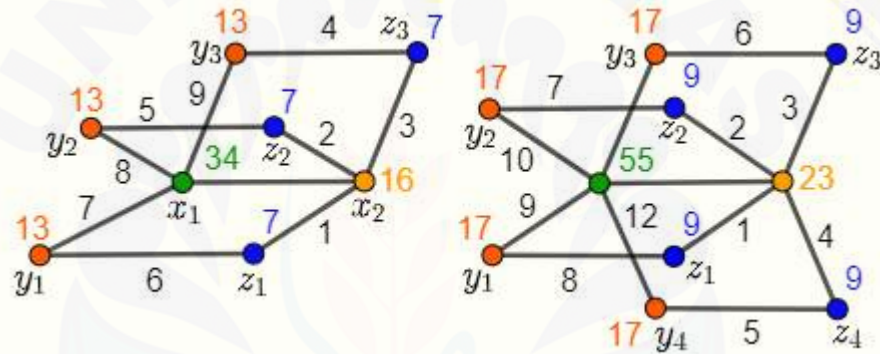
$$|E| = 3n + 1$$

# MONOGRAF

c. Menentukan pola pelabelan



d. Menentukan fungsi pelabelan



➤ Fungsi label sisi

$$\begin{aligned}
 f(x_1x_2) &= 3n + 1 \\
 f(x_1y_i) &= 2n + i; i = 1 \leq i \leq n \\
 f(x_2z_i) &= i; 1 \leq i \leq n \\
 f(y_iz_i) &= 2n + i - 1; 1 \leq i \leq n
 \end{aligned}$$

➤ Fungsi bobot titik

$$w(x_i) = \begin{cases} \sum_{i=1}^n (2n + i) + 3n + 1 & ; i = 1 \\ \sum_{i=1}^n i + 3n + 1 & ; i = 2 \end{cases}$$

## MONOGRAF

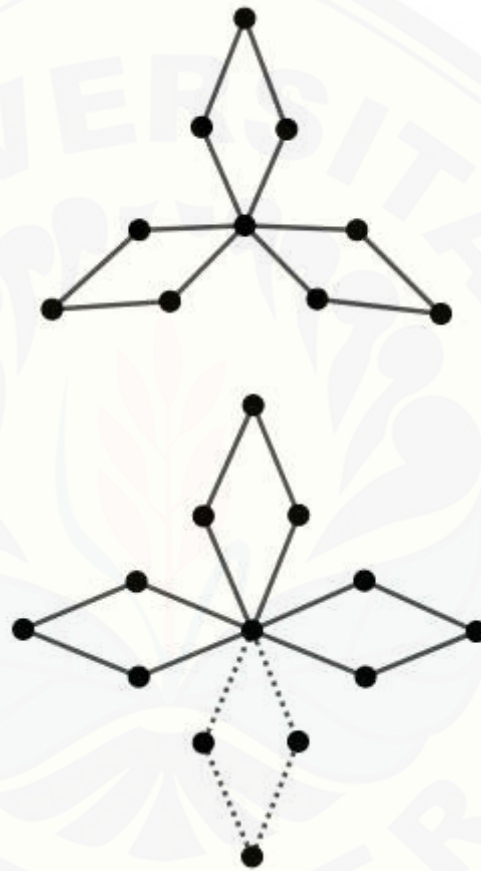
$$w(y_i) = 4n + 1$$

$$w(z_i) = 2n + 1$$

4. Graf  $Sp_n$ 

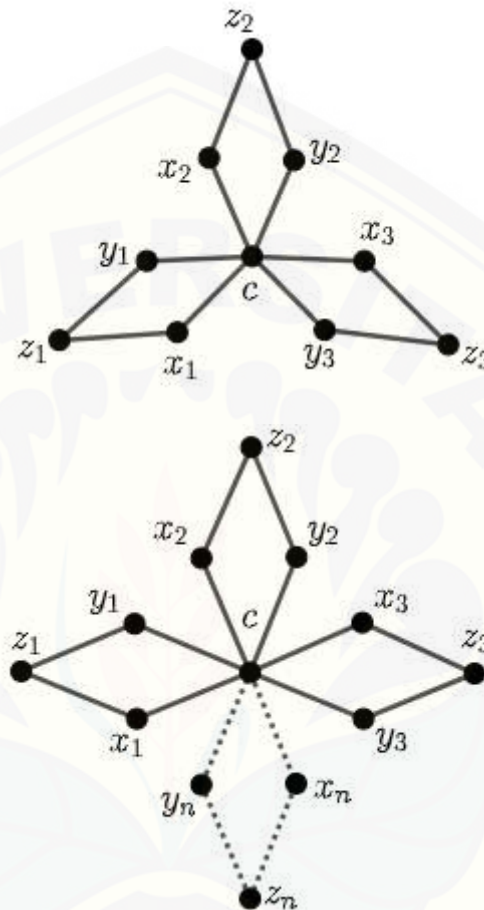
Untuk graf  $Sp_n$ , maka didapatkan  $\chi_{la}(Sp_n) = 3$ .

a. Menentukan sebuah graf yang akan menjadi objek riset



## MONOGRAF

- b. Menentukan kardinalitas graf yang meliputi notasi titik, himpunan titik, himpunan sisi, banyak titik dan banyak sisi



$$V = \{c\} \cup \{x_i, y_i, z_i; 1 \leq i \leq n\}$$

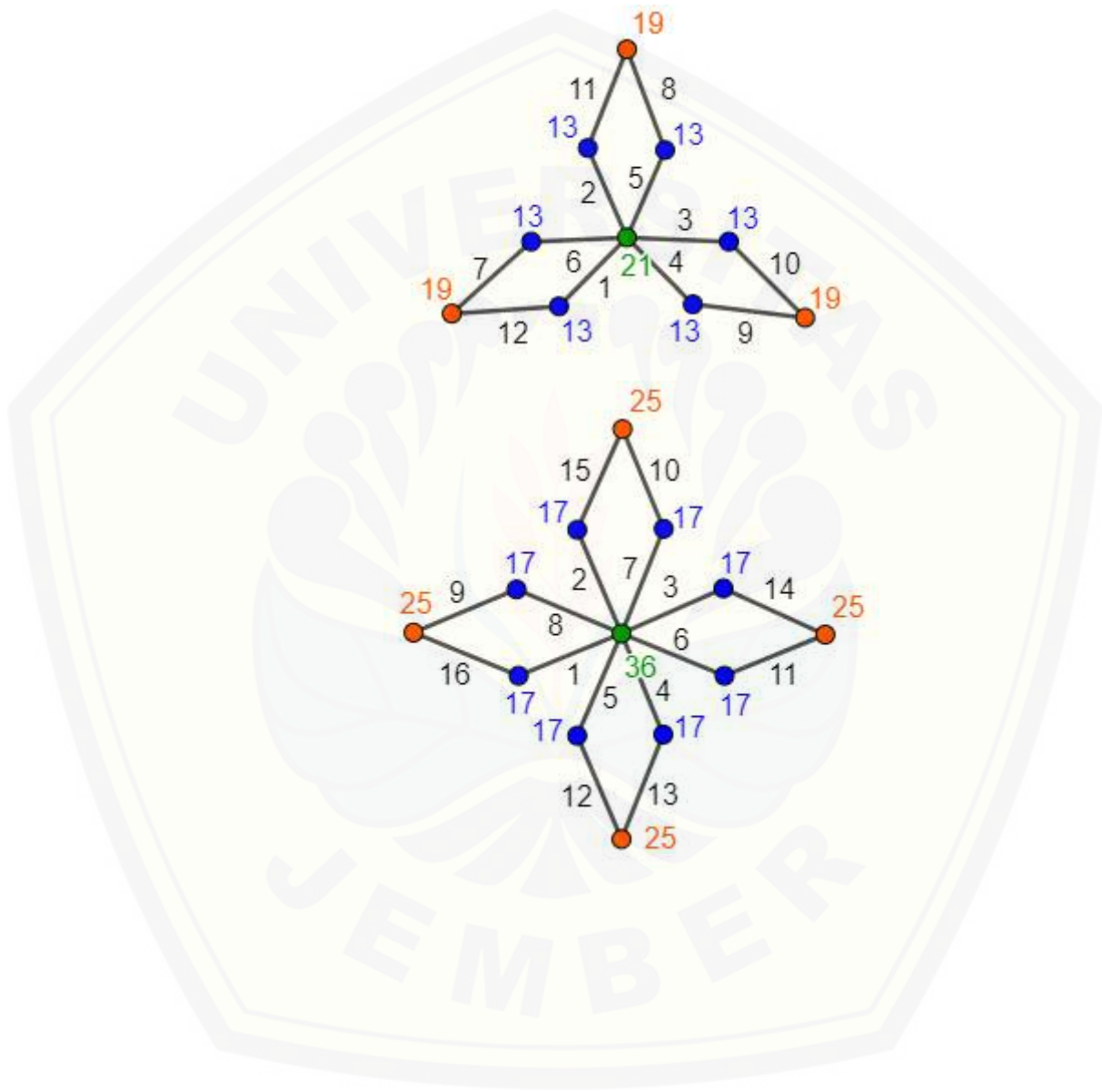
$$E = \{cx_i, cy_i, x_iz_i, y_iz_i; 1 \leq i \leq n\}$$

$$|V| = 3n + 1$$

$$|E| = 4n$$

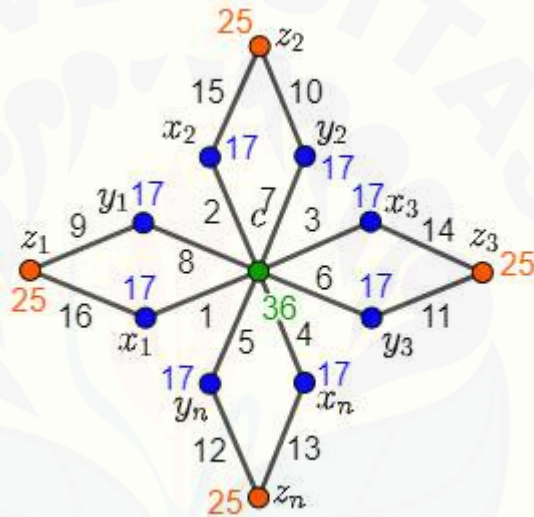
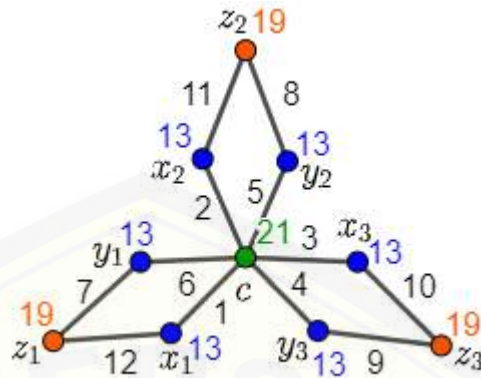
MONOGRAF

c. Menentukan pola pelabelan



MONOGRAF

d. Menentukan fungsi pelabelan



➤ Fungsi label sisi

$$f(cx_i) = i; 1 \leq i \leq n$$

$$f(cy_i) = 2n + 1 - i; 1 \leq i \leq n$$

$$f(y_i z_i) = 2n + i; 1 \leq i \leq n$$

$$f(x_i z_i) = 4n + 1 - i; 1 \leq i \leq n$$

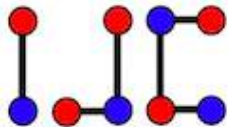
➤ Fungsi bobot titik

$$w(c) = 2n^2 + n$$

$$w(x_i) = 4n + 1$$

$$w(y_i) = 4n + 1$$

$$w(z_i) = 6n + 1$$



# Local antimagic vertex coloring of unicyclic graphs

Nuris Hisan Nazula<sup>a</sup>, Slamin<sup>b</sup>, Dafik<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Mathematics Education Study Program, University of Jember, Indonesia

<sup>b</sup>Informatics Study Program, University of Jember, Indonesia

nuris.h.nazula@gmail.com, slamin@unej.ac.id, d.dafik@unej.ac.id

---

## Abstract

The local antimagic labeling on a graph  $G$  with  $|V|$  vertices and  $|E|$  edges is defined to be an assignment  $f : E \rightarrow \{1, 2, \dots, |E|\}$  so that the weights of any two adjacent vertices  $u$  and  $v$  are distinct, that is,  $w(u) \neq w(v)$  where  $w(u) = \sum_{e \in E(u)} f(e)$  and  $E(u)$  is the set of edges incident to  $u$ . Therefore, any local antimagic labeling induces a proper vertex coloring of  $G$  where the vertex  $u$  is assigned the color  $w(u)$ . The local antimagic chromatic number, denoted by  $\chi_{la}(G)$ , is the minimum number of colors taken over all colorings induced by local antimagic labelings of  $G$ . In this paper, we present the local antimagic chromatic number of unicyclic graphs that is the graphs containing exactly one cycle such as kite and cycle with two neighbour pendants.

*Keywords:* local antimagic labeling, vertex coloring, unicyclic graphs, kite, cycle with two neighbour pendants

Mathematics Subject Classification : 05C78, 05C15

DOI: 10.19184/ijc.2018.2.1.4

---

## 1. Introduction

Let  $G = (V, E)$  be a finite, simple, connected and undirected graph. The *local antimagic labeling* on a graph  $G$  with  $|V|$  vertices and  $|E|$  edges is defined to an assignment  $f : E \rightarrow \{1, 2, \dots, m\}$  so that the weights any two adjacent vertices are distinct, that is,  $w(u) \neq w(v)$  where  $w(u) = \sum_{e \in E(u)} f(e)$  and  $E(u)$  is the set of edges incident to  $u$ . Therefore, any local antimagic labeling induces a proper vertex coloring of  $G$  where the vertex  $u$  is assigned the color  $w(u)$ . The local antimagic chromatic number, denoted by  $\chi_{la}(G)$ , is the minimum number of colors taken

---

Received: 06 Feb 2018, Revised: 09 May 2018, Accepted: 09 Jun 2018.



over all colorings induced by local antimagic labelings of  $G$ . This concept was recently introduced by Arumugam *et al.* [1].

In the paper [1], Arumugam *et al.* presented the exact value of the local antimagic chromatic number of some families of graphs as follows.

- Complete graph  $K_n$  on  $n \geq 3$  vertices,  $\chi_{la}(K_n) = n$ .
- Star  $K_{1,n-1}$  on  $n \geq 3$  vertices,  $\chi_{la}(K_{1,n-1}) = n$ .
- Path  $P_n$  on  $n \geq 3$  vertices,  $\chi_{la}(P_n) = 3$ .
- Cycle  $C_n$  on  $n \geq 3$  vertices,  $\chi_{la}(C_n) = 3$ .
- Friendship graph  $F_n$  for  $n \geq 2$ ,  $\chi_{la}(F_n) = 3$ .
- Friendship graph  $F_n$  for  $n \geq 2$  by removing an edge  $e$ ,  $\chi_{la}(F_n - \{e\}) = 3$ .
- Complete bipartite graph  $K_{m,n}$  for  $m, n \geq 2$ ,  $\chi_{la}(K_{m,n}) = 2$  if and only if  $m \equiv n \pmod{2}$ .
- Complete bipartite graph  $K_{2,n}$  for  $n \geq 2$ ,  $\chi_{la}(K_{2,n}) = 2$  for even  $n \geq 2$  and  $\chi_{la}(K_{2,n}) = 3$  for odd  $n \geq 3$  or  $n = 2$ .
- Graph  $L_n$  for  $n \geq 2$  that is obtained by inserting a vertex to each edge  $vv_i$ ,  $1 \leq i \leq n - 1$ , of the star,  $\chi_{la}(L_n) = n + 1$ .
- Wheel  $W_n$  of order  $n + 1$  for  $n \geq 3$ ,  $\chi_{la}(W_n) = 4$  if  $n \equiv 1, 3 \pmod{4}$ ,  $\chi_{la}(W_n) = 3$  if  $n \equiv 2 \pmod{4}$ , and  $3 \leq \chi_{la}(W_n) \leq 5$  if  $n \equiv 0 \pmod{4}$ .

Furthermore, Arumugam *et al.* [1] showed that for any tree  $T$  with  $l$  leaves,  $\chi_{la}(T) \geq l + 1$  and for the graph  $H = G + \bar{K}_2$  where  $G$  is a graph of order  $n \geq 4$ , then

$$\chi_{la}(G) + 1 \leq \chi_{la}(H) \leq \begin{cases} \chi_{la}(G) + 1 & \text{for } n \text{ is even} \\ \chi_{la}(G) + 2 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

In this paper, we present the local antimagic chromatic number of unicyclic graphs such kite and cycle with two neighbour pendants. A graph is called *unicyclic* if it is connected and contains exactly one cycle. Therefore, a graph is unicyclic if and only if it is connected and has size equal to its order [4]. A kite, denoted by  $Kt_{n,m}$ , consists of a cycle of length  $n$  with a  $m$ -edge path (the tail) attached to one vertex [2].

## 2. Main Results

We start this section with a new result on the local antimagic chromatic number of the kite graph in the following theorem.

**Theorem 2.1.** For the kite  $Kt_{n,m}$  with  $n \geq 3$  and  $m \geq 1$ ,  $\chi_{la}(Kt_{n,m}) = 3$ .

**Proof.** Let  $Kt_{n,m}$  be the kite with  $n \geq 3$  and  $m \geq 1$ . The vertex set of  $Kt_{n,m}$  is  $V = \{u_i | 1 \leq i \leq n\} \cup \{v_j | 1 \leq j \leq m\}$  and the edge set is  $E = \{u_i u_{i+1} | 1 \leq i \leq n-1\} \cup \{u_n u_1\} \cup \{u_1 v_1\} \cup \{v_j v_{j+1} | 1 \leq j \leq m-1\}$ .

Label the edges of  $Kt_{n,m}$  using a bijection  $f : E \rightarrow \{1, 2, \dots, n+m\}$  below.

$$\begin{aligned}
 f(u_i u_{i+1}) &= \begin{cases} \frac{m+1}{2} + \frac{i+1}{2} - 1 & \text{for odd } m \text{ and odd } i \\ \frac{m+i}{2} & \text{for even } m \text{ and even } i \\ \frac{m+1}{2} + \lfloor \frac{n}{2} \rfloor + \lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor - \frac{i}{2} + 1 & \text{for odd } m \text{ and even } i \\ \frac{m}{2} + \lfloor \frac{n}{2} \rfloor + \lfloor \frac{n+1}{2} \rfloor - \frac{i+1}{2} + 1 & \text{for even } m \text{ and odd } i \end{cases} \\
 f(u_n u_1) &= \begin{cases} \lfloor \frac{n}{2} \rfloor + \frac{m+1}{2} & \text{for odd } m \\ \lfloor \frac{n+1}{2} \rfloor + \frac{m}{2} & \text{for even } m \end{cases} \\
 f(u_1 v_1) &= \begin{cases} \frac{m}{2} & \text{for even } m \\ \frac{m+1}{2} + n & \text{for odd } m \end{cases} \\
 f(v_j v_{j+1}) &= \begin{cases} \frac{m-1}{2} - \frac{j+1}{2} + 1 & \text{for odd } m \text{ and odd } j \\ \frac{m-j}{2} & \text{for even } m \text{ and even } j \\ \frac{m-1}{2} + \frac{j}{2} + n + 1 & \text{for odd } m \text{ and even } j \\ \frac{m}{2} + \frac{j+1}{2} + n & \text{for even } m \text{ and odd } j \end{cases}
 \end{aligned}$$

It is easy to see that  $f$  is a local antimagic labeling and the weight of vertices are

$$\begin{aligned}
 w(u_i) &= \begin{cases} \frac{3m}{2} + 2 \lfloor \frac{n+1}{2} \rfloor + \lfloor \frac{n}{2} \rfloor & \text{for even } m \text{ and } i = 1 \\ n + m + 1 & \text{for even } (m+i) \\ n + m & \text{for odd } (m+i) \\ \frac{3m+3}{2} + \lfloor \frac{n}{2} \rfloor + n & \text{for odd } m \text{ and } i = 1 \end{cases} \\
 w(v_i) &= \begin{cases} n + m & \text{for even } (m+j) \\ n + m + 1 & \text{for odd } (m+j) \end{cases}
 \end{aligned}$$

Thus,  $\chi_{la}(Kt_{n,m}) \leq 3$ . To show the lower bound, we can use the local antimagic chromatic number of cycle  $C_n$  due to Arumugam *et al.* [1]. Since for  $n \geq 3$ ,  $\chi_{la}(C_n) = 3$  and the kite  $Kt_{n,m}$  contains a cycle  $C_n$ , it easy to see that  $\chi_{la}(Kt_{n,m}) \geq 3$ . Therefore  $\chi_{la}(Kt_{n,m}) = 3$ . □

Figure 1 shows an example of the local antimagic vertex coloring of the kite  $Kt_{5,6}$  with the local antimagic chromatic number equals to 3.

We note that a  $n$ -pan graph, denoted by  $Pg_n$ , is the graph obtained by joining a cycle graph  $C_n$  to a singleton graph  $K_1$  with a bridge. In other words, the  $n$ -pan graph is a special case of the kite graph  $Kt_{n,m}$  when  $m = 1$ . Consequently,

**Corollary 2.1.** For the  $n$ -pan graph  $Pg_n$  with  $n \geq 3$ ,  $\chi_{la}(Pg_n) = 3$ . □

In the next theorem, we present the local antimagic chromatic number of another unicyclic graph, that is the cycle with two neighbour pendants, as follows.

**Theorem 2.2.** For the cycle with two neighbour pendants  $Cp_n$  with  $n \geq 3$ ,  $\chi_{la}(Cp_n) = 4$ .

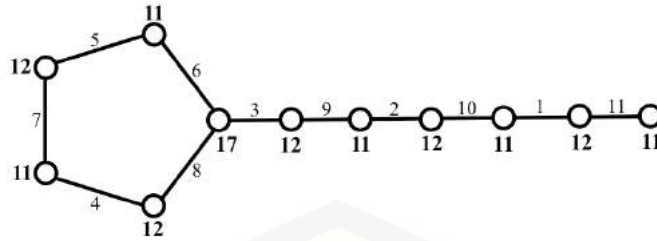


Figure 1. The local antimagic vertex coloring of  $Kt_{5,6}$  with  $\chi_{la}(Kt_{5,6}) = 3$

**Proof.** Let  $Cp_n$  be the cycle with two neighbour pendants  $Cp_n$  with  $n \geq 3$ . The vertex set of  $Cp_n$  is  $V = \{u_i | 1 \leq i \leq n\} \cup \{v_1, v_2\}$  and the edge set is  $E = \{u_i u_{i+1} | 1 \leq i \leq n - 1\} \cup \{u_n u_1\} \cup \{u_1 v_1, u_2 v_2\}$ .

Label the edges of  $Cp_n$  using a bijection  $f : E \rightarrow \{1, 2, \dots, n + 2\}$  below.

$$f(u_i u_{i+1}) = \begin{cases} \frac{i+1}{2} & \text{for odd } i \\ n + 1 - \frac{i}{2} & \text{for even } i \end{cases}$$

$$f(u_n u_1) = \lceil \frac{n+1}{2} \rceil$$

$$f(u_i v_i) = n + i \quad \text{for } i = 1, 2$$

It is easy to see that  $f$  is a local antimagic labeling and the weight of vertices are

$$w(u_i) = \begin{cases} \lfloor \frac{3n+6}{2} \rfloor & \text{for } i = 1 \\ 2n + 3 & \text{for } i = 2 \\ n + 2 & \text{for odd } i \geq 3 \\ n + 1 & \text{for even } i \geq 4 \end{cases}$$

$$w(v_i) = n + i \quad \text{for } i = 1, 2$$

Thus  $\chi_{la}(Cp_n) \leq 4$ . To show the lower bound, we suppose that  $f(u_1 v_1) = m_1$  and  $f(u_2 v_2) = m_2$ . Then  $w(v_1) = m_1$ ,  $w(v_2) = m_2$ ,  $w(u_1) > m_1$  and  $w(u_2) > m_2$ . Clearly,  $w(v_1) \neq w(v_2)$ . Since  $u_1$  is neighbour of  $u_2$ , then  $w(u_1) \neq w(u_2)$ . This implies that  $\chi_{la}(Cp_n) \geq 4$ . We conclude that  $\chi_{la}(Cp_n) = 4$ .  $\square$

Figure 2 shows an example of the local antimagic vertex coloring of the cycle with two neighbour pendants  $Cp_6$  with the local antimagic chromatic number equals to 4.

### 3. Conclusion

Another family of unicyclic graph is a sun. A sun, denoted by  $Su_n$ , is a cycle on  $n$  vertices  $C_n$  with an edge terminating in a vertex of degree 1 attached to each vertex [2]. The local antimagic chromatic number of the sun  $Su_n$  has not been discovered. Consequently, we have the following open problems.

**Problem 1.** Determine the local antimagic chromatic number of sun.

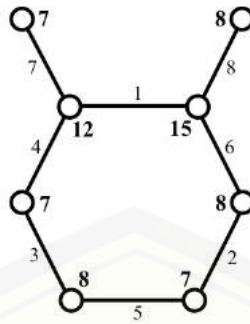


Figure 2. The local antimagic vertex coloring of  $Cp_6$  with  $\chi_{la}(Cp_6) = 4$

In general,

**Problem 2.** Determine the local antimagic chromatic number of some families of graph.

### Acknowledgement

This research is supported by DRPM Ditjen Penguatan Risbang Kemenristekdikti under Penelitian Tim Pascasarjana 2017 research grant.

### Bibliography

- [1] S. Arumugam, K. Premalatha, M. Bača, A. Semaničová-Feňovčíková, Local antimagic vertex coloring of a graph, *Graph and Combinatorics* 33 (2017) 275-285.
- [2] W. D. Wallis, E. T. Baskoro, Mirka Miller and Slamın, Edge-magic total labeling, *Australasian Journal of Combinatorics* 22 (2000) 177-190.
- [3] L. Cai and J.A. Ellis, Edge colouring line graphs of unicyclic graphs, *Discrete Applied Mathematics* 36 (1992) 75-82.
- [4] A.S. Pedersen and P.D. Vestergaard, The number of independent sets in unicyclic graphs, *Discrete Applied Mathematics* 152 (2005) 246-256.

## The profile of students' creative thinking skills in solving local antimagic vertex coloring problem in research based learning

N H Nazula<sup>1</sup>, Dafik<sup>1</sup>, and Slamin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Teacher Training and Education, University of Jember, Jember, Indonesia

<sup>2</sup>Faculty of Communication Sciences, University of Jember, Jember, Indonesia

Email: nuris.h.nazula@gmail.com

**Abstract.** This research aimed to know the profile of students' creative thinking skills in solving the local antimagic vertex coloring in the implementation of Research Based Learning (RBL). This research used a mixed method, which was a combination of qualitative and quantitative methods. The research subjects were fifth semester students of mathematics education at University of Jember. Quantitative method was applied to analyze students' creative thinking skills, while qualitative method was done to see improvement in student learning outcomes. The results showed that students' creative thinking skills which were given treatment by RBL implementation increased from 25% of very well category to 49% of very well category. Based on the post-test value, the experimental class was superior to the control class. The results of the independent sample T-Test showed a significance value of 0,025 ( $p \leq 0,05$ ) which indicated that there was a difference between the value of the experimental class and the control class.

### 1. Introduction

Facing future challenges in this era of globalization requires individuals to have various skills, one of which is creative thinking skills. As stated by Türkmen [14] that one of the important thinking skills to be developed in the field of education is creative thinking skills. In Law Number 20 of 2003 it was stated that national education has a function to develop the potential of students to be creative human beings. Creativity is a skill that must be fostered in all disciplines and in all intellectual and social fields [15]. Ersoy and Baser [6] revealed that the most important educational function is to train someone to be confident, curious, creative, innovative and also able to understand differences. Therefore, schools and higher education institutions as formal education institutions should carry out learning that can develop students' creative thinking skills.

Developing creative thinking skills in learning can be implemented, one of which is by applying Research Based Learning (RBL). RBL can explore students' creative thinking skills because one of the characteristics of RBL is creative, as expressed by Wardoyo [16]. RBL is learning that is based on a research approach as a step in implementing the process [16]. Sota said that research Based Learning (RBL) is a multi-aspect concept that refers to teaching and learning strategies that connect research and teaching [10].

In the Mathematics Education Program of Faculty of Education, University of Jember, students often conduct research on graphs. The results of the study were partly developed and used as final assignment material (thesis). Research about labeling graphs is often conducted. However, a labeling

which is still relatively new is Local Antimagic Vertex Coloring introduced by Arumugam et al. [2]. The purpose of this study was to find out the creative thinking skills of students to solve the Local Antimagic Vertex Coloring problem in Research Based Learning.

Creative thinking can be defined as a whole set of cognitive activities which are used by individuals according to objects, certain problems and conditions, or types of business against certain events and problems based on individual capacity [3]. Silver [9] provided three components of creative thinking, namely fluency, flexibility, and novelty. The three components review different things and stand independently. Thus, it allows individuals to meet three components at once, or just two components, or just one component.

**Table 1.** Components of Creative Thinking Skills in Problem Solving According Silver [9].

Aspect	Problem Solving
Fluency	Students are able to solve problems with various solution interpretation and answer
Flexibility	Students finish (or state or justify) in one way, then with another way. Students discuss various solving method.
Novelty	Students check how solving method or answers (statement or justification), then make another different method.

Based on the above explanation, the researcher determined the indicators of creative thinking skills in this research as follows.

**Table 2.** Indicators of Creative Thinking.

Components	Indicators
Fluency	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Students are able to label Local Antimagic Vertex Coloring in graph correctly</li> <li>b. Students are able to determine chromatic number in Local Antimagic Vertex Coloring which has been made.</li> </ol>
Flexibility	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Students are able to compose notation in the graph and determine the cardinality</li> <li>b. Students are able to find coloring function based on the coloring and notation of dots given in the graph</li> </ol>
Novelty	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Students are able to create new graph which has not been studied in the concept of Local Antimagic Vertex Coloring</li> <li>b. Students are able to make original statements based on their own thinking ability.</li> </ol>

Dafik [5] stated that RBL is a learning method that uses contextual learning, authentic learning, problem solving, cooperative learning - hands on & minds on learning, and inquiry discovery approach. Dafik [5] developed the stages of RBL implementation in lectures as follows:

- a. Developing study groups or research groups consisting of at least three lecturers at the study program, department, faculty, or cross-faculty level.
- b. Mapping a number of courses which are relevant to this research group, then developing syllabus, Course Outline, *RTM*, *LKM*, and Lecture Contracts together to apply RBL in learning.

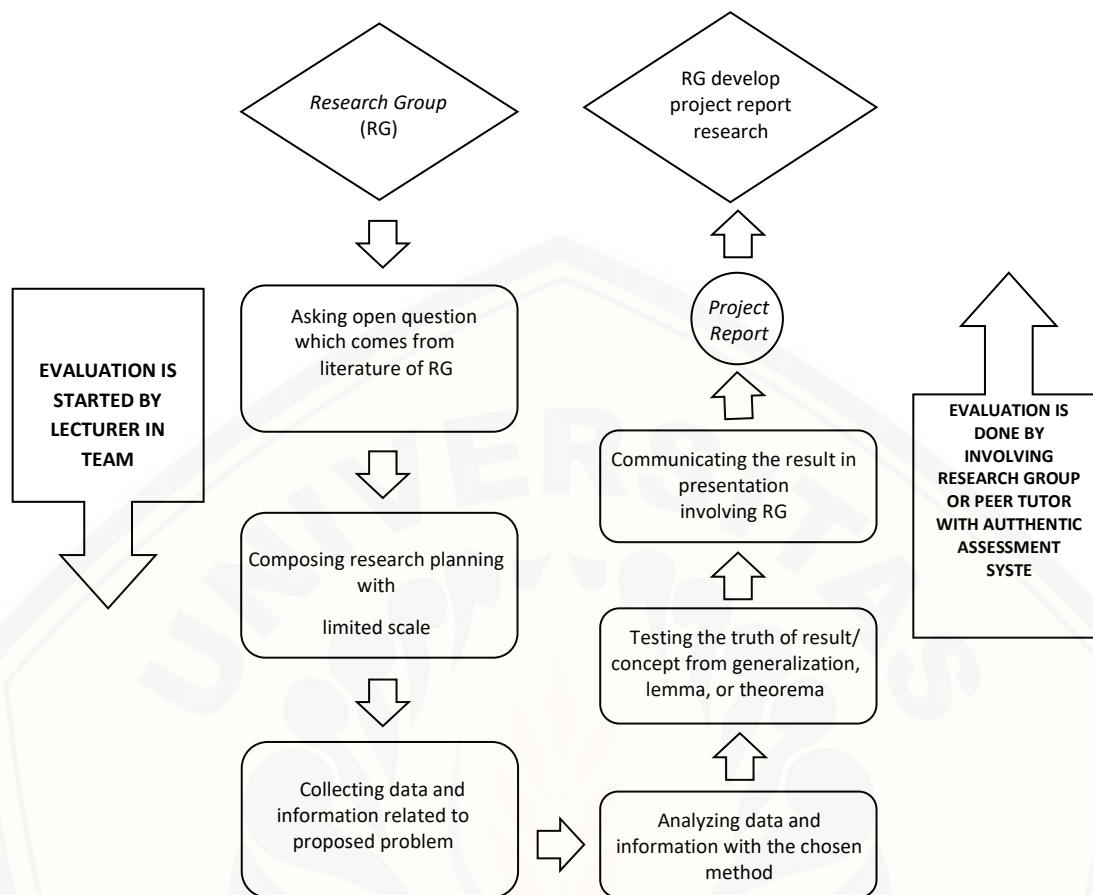


Figure 1. Flow Chart of RBL Implementation

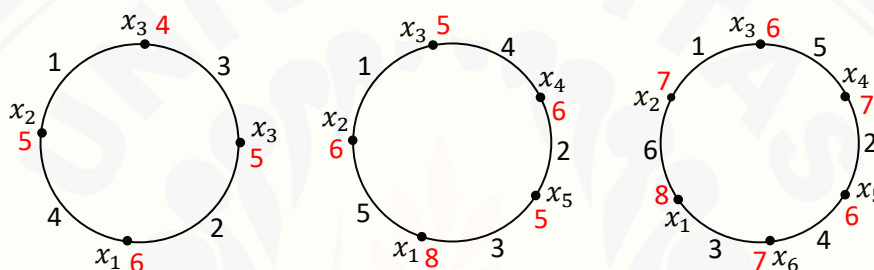
- c. Applying team teaching, contextual teaching, and cooperative learning through the following stages in classes: (1) provide basic information on the material being studied, (2) show the results of lecturer’s research in study groups or research groups relating to the material being discussed, (3) dividing students into discussion groups, (4) giving assignments to students in the form of discussions in groups about (a) the main content of the study, (b) the research process, (c) the method of analysis, (d) the formulation of conclusions, and (e) the values that emerge from the results of the research, (4) with the guidance of lecturer, the students conduct inter-group discussions, (5) together with the lecturer, students make conclusions. In this stage, students should be more involved in learning (student-centered learning). Lecturers act more as facilitators. If there are problems during the discussion which require literature, the lecturer can show it through online media (internet) so that the problems faced by students can be answered.
- d. Each group developing reports, presentation slides and articles for possible publications on a local scale.
- e. On a continuous basis, the lecturer bringing the results of PBR in this lecture in the study group, or the research group to be followed up more deeply by students who are taking a undergraduate or master thesis.

Based on the flow chart, the RBL steps in this study were, (1) students gather information about the problem and finding the literature, (2) students were encouraged to identify problems to develop problem solving strategies based on experimental experience and literature studies, (3) students were encouraged to identify labeling Local Antimagic Vertex Coloring on the graph and started to make generalization based on each graph, (4) students complete the entire Local Antimagic Vertex Coloring

process to obtain chromatic numbers, and (5) students wrote RBL reports led by members of the research group.

**Definition 1.**  $G = (V, E)$  is a graph connected with  $|V| = n$  and  $|E| = m$ . The bijective function  $f: E \rightarrow \{1, 2, \dots, m\}$  is called local antimagic labeling if for each  $uv \in E$  is obtained  $w(u) \neq w(v)$  where  $w(u) = \sum_{e \in E(u)} f(e)$ . A  $G$  graph is local antimagic if  $G$  has local antimagic labeling. Local antimagic chromatic number  $\chi_{la}(G)$  is defined as the minimum number of colors used in  $G$  graph coloring due to local antimagic labeling.

From this definition, it can be understood that in labeling local antimagic vertex coloring (LAVC), a graph is labeled on its side so that the weight of the point (the number of all side labels connected with a point) is different for the two related points. Examples of LAVC labeling can be seen in Figure 2. From the picture it can be seen that each related point has different weights. Like the weight of  $x_1$  is different from  $x_2$ ,  $x_2$  is different from  $x_3$ , and so on.



**Figure 2.** Examples of LAVC labeling in Cycle graph

## 2. Research Method

This study used a mixed method. The mixed method is a research approach in which the researcher collects and analyzes both quantitative data and qualitative data in the same study [8]. Then to support the objectivity of research, triangulation models were used. The quantitative research used in this study was a quasi-experimental design (quasi-experimental design). The qualitative research was carried out by analyzing the results of the pre-test and post-test, and interviewing several experimental class students.

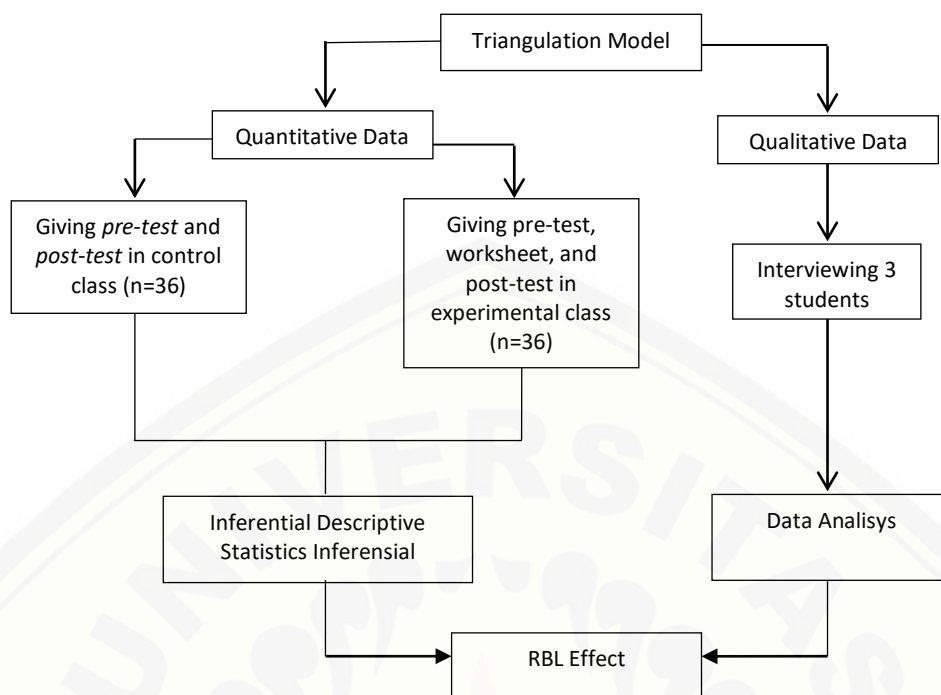
To find out the effect of RBL implementation, the design used was the quasi-experimental design of the non-equivalent control group with the pre-test and post-test. Before the study, the homogeneity test was carried out to determine the homogeneity of the two classes. If both classes were homogeneous, then the treatment was carried out in both classes, one experimental class ( $x_1$ ) was taught using RBL and one control class ( $x_2$ ) was taught using conventional learning models. After being given treatment, post-tests were carried out in both classes. The quasi-experimental design in this study is presented in Table 3.

**Table 3.** Quasi-Experimental Design.

Group	Pre-test	Treatment	Post-test
$x_1$	$O_1$	Research Based Learning	$O_2$
$x_2$	$O_1$	Conventional Learning Model	$O_2$

To know the profile of students' creative thinking skills in solving LAVC problem, interview was done with several students from experimental class ( $x_1$ ) which had creative answers. Figure 3 shows triangulation where qualitative data were triangulated to determine the effect of RBL implementation in creative thinking skills of the students.





**Figure 3.** Triangulation Model

### 2.1. Population

Population of the study was the fifth semester students of the Mathematics Education Program, University of Jember, in the odd semester of the 2017/2018 academic year. The sampling technique used was cluster random sampling which was done by selecting two classes randomly. One class was used as an experimental class with 36 students given RBL and the other class as a control class with 36 students given conventional learning model. To support the objectivity of quantitative data, interviews were conducted with several students from the experimental class based on answers that reflected to creative thinking skills.

### 2.2. Instrument

The instruments developed in this study were test, observation, and interview. Test of creative thinking skills included pre-test and post-test. Pre-test and post-test were used to determine the profile of students' thinking skills in solving LAVC problems. In the experimental class, students were given RBL learning method which was supplemented by student worksheet (MFI), while the control class was taught by conventional learning where the teacher became the learning center.

### 2.3. Task

To measure students' creative thinking skills, researchers made a test instrument that could measure indicators. The test instrument used was in the form of an students' worksheet which started with a discussion of LAVC labeling on the Cycle graph.

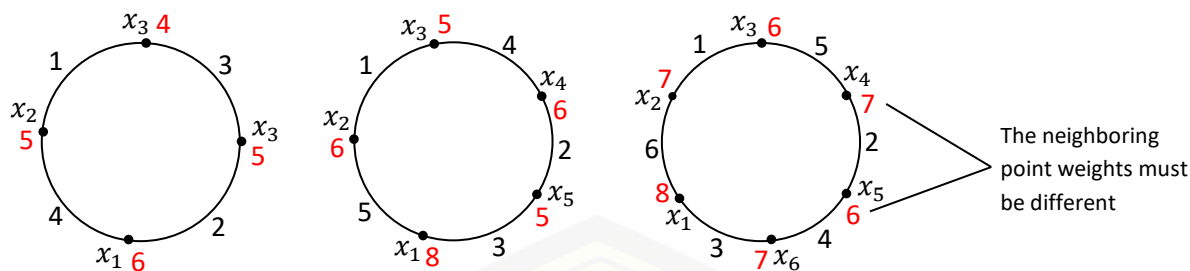


Figure 4. The examples from expansion of Cycle graph

By considering the connected points, we started to label the graph’s sides. In the cycle graph, the minimum color used was three. The objective of this test was to ask the students to find the label of the graph that had been never labeled by LAVC.

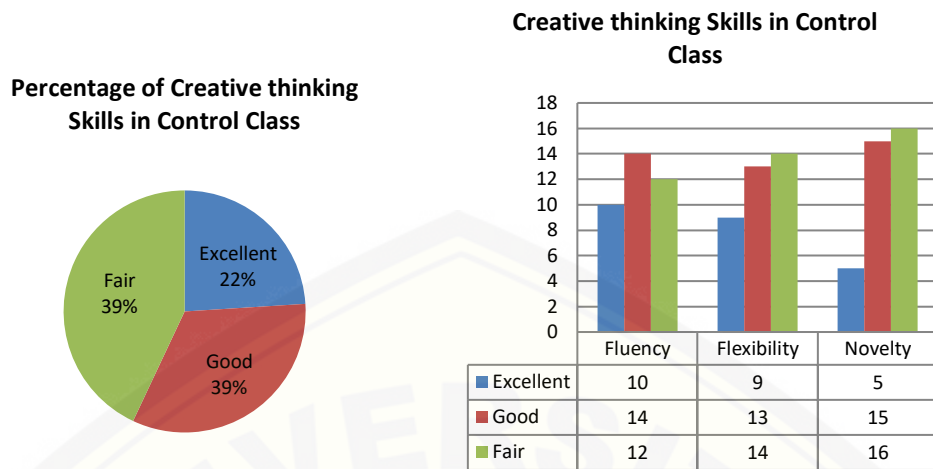
### 3. Research Result

Prior to show our results, we need to test a validity of our instrument. The following table shows the the validity result.

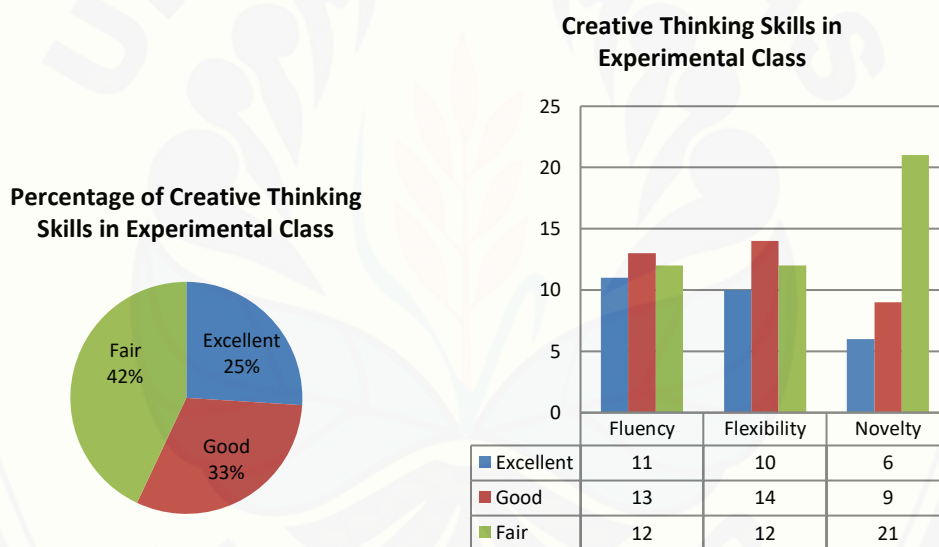
Table 4. Result of Validity Test.

No.	Observed aspects	Assessment		$I_i$	$V_a$
		Validator 1	Validator 2		
1.	Content validity				
	a. Test 1 can assess fluency aspect	5	4	4,5	
	b. Test 2 can assess flexibility aspect	4	5	4,5	
	c. Test 1 and Test 2 can assess novelty aspect	5	5	5	
2.	The accuracy of the question in measuring indicators of creative thinking skills	5	5	5	4,5
3.	The clarity of instruction	4	4	4	
4.	The suitability of language use	4	4	4	
5.	The suitability of time allocation	5	4	4,5	

Based on Table 4, it could be seen that the average value of the two validators  $V_a$  was 4.5. Based on the validity criteria stated by Hobri [7] instruments with a value of  $V_a = 4,5$  is classified as valid. The pre-test results conducted in both classes showed creative thinking skills in the control class was 22% students were very good, 39% were good, and 39% were in poor category. While, the result in the experimental class showed 25% students were very good, 33% were good, and 42% were poor. The results of both classes can be seen in the following figures (Figure 5 and Figure 6).



**Figure 5.** Distribution of Creative Thinking Skills in Control Class



**Figure 6.** Distribution of Creative Thinking Skills in Experimental Class

To see the effect of RBL implementation, a free sample of T-test was conducted on the pre-test and post-test score of the control class and the experimental class. Previously, a homogeneity test of the score of the pre-test between the control class and the experimental class was conducted. The homogeneity test result is shown in Table 5.

**Table 5.** Homogeneity of pre-test result between experimental class ( $x_1$ ) and control class ( $x_2$ )

Test of Homogeneity of Variances			
Pre-Test			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,010	1	72	,921

The results of the homogeneity test using the statistical Levene method showed a significance value (0.921). This value was higher than the significant level (0.05). Therefore, it could be concluded that the initial ability of the experimental class ( $x_1$ ) and the control class ( $x_2$ ) were homogeneous. Because of the initial ability of two homogeneous classes, research could be carried out to determine the effect of RBL implementation.

**Table 6.** Results of the pre-test and the average score of the control class and the experimental class

Group Statistics					
	Class	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pre-Test	Control	36	5,25	2,523	,420
	Experiment	36	5,22	2,565	,427

Based on table 6, the average score in control class was 5,25 (SD=2,523), while in experimental class was 5,22 (SD=2,565).

**Table 7.** The comparison of pre-test score of control and experimental class by using *independent sample t-test*

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
Pre-test	Equal variances assumed	,010	,921	,046	70	,963	,028	,600	-1,168	1,224
	Equal variances not assumed			,046	69,981	,963	,028	,600	-1,168	1,224

Table 7 shows the results of the T-test between the control group and the experimental group on the pre-test which showed that t-count value was 0.046 with a significance value of 0.963, while the negative sign in the t-count value showed an increase in the value from the pre-test to post-test. Significance value of 0.963 was greater than 0.05 which indicated that there was no difference in the score of the control class and the experimental class in the pre-test.

**Table 8.** Result of normality test from both classes from post-test score

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
		Control	Experiment
N		36	36
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	5,86	7,00
	Std. Deviation	2,206	2,014
Most Extreme Differences	Absolute	,139	,201
	Positive	,134	,160
	Negative	-,139	-,201

Kolmogorov-Smirnov Z	,837	1,204
Asymp. Sig. (2-tailed)	,486	,110
a. Test distribution is Normal		
b. Calculated from data		

Based on Table 8, the results of the Kolmogorov-Smirnov test normality in the control class showed a significance value of 0.486 and 0.110 for the experimental class. The significance value of the two classes were higher than  $\alpha$  (0.05), so that it could be concluded that the data was normally distributed.

**Table 9.** Result of post-test and average score between control class and experimental class

Group Statistics					
	Class	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Post-test	Control	36	5,86	2,206	,368
	Experiment	36	7,00	2,014	,336

Based on Table 9, It showed the post-test results of the control class was 5,86 (SD = 2,206), while the experimental class was 7,00 (SD = 2,014).

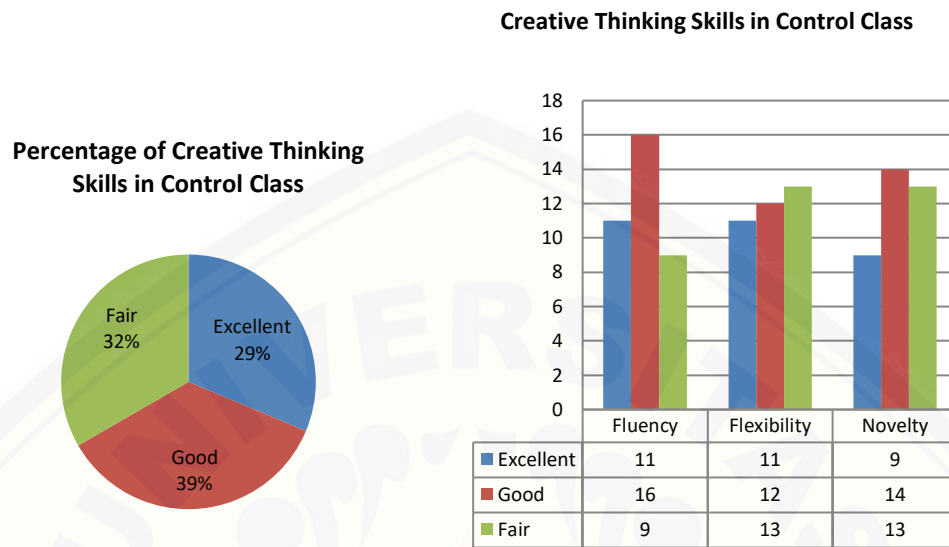
**Table 10.** Comparison of the post-test score from control class and the experimental class using independent sample t-test

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Post-test	Equal variances assumed	,706	,404	-2,288	70	,025	-1,139	,498	-2,132	-,146
	Equal variances not assumed			-2,288	69,430	,025	-1,139	,498	-2,132	-,146

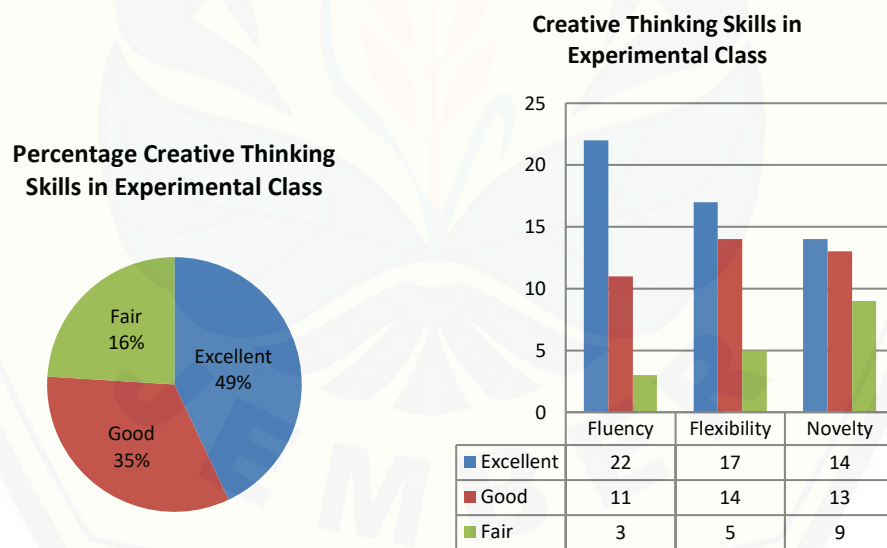
Based on Table 10, the t-test between the control class and the experimental class on the post-test showed a t-count score of 2,288 with a significance value of 0,025, while the negative sign on the t-count value showed an increase in the score from the pre-test to post-test. Significance value of 0,025 was smaller than  $\alpha=0,05$  which indicated that there were differences in the value of the post-test between the control class and the experimental class after the implementation of the RBL.

From the results described above, it could be concluded that the experimental class ( $x_1$ ) was affected by RBL. Based on the results of the post-test, it was found that the experimental class ( $x_1$ ) was superior to the control class ( $x_2$ ). The results showed that thinking skills in the control class were 29% of students were very good, 39% were good, and 32% were poor. While in the experimental

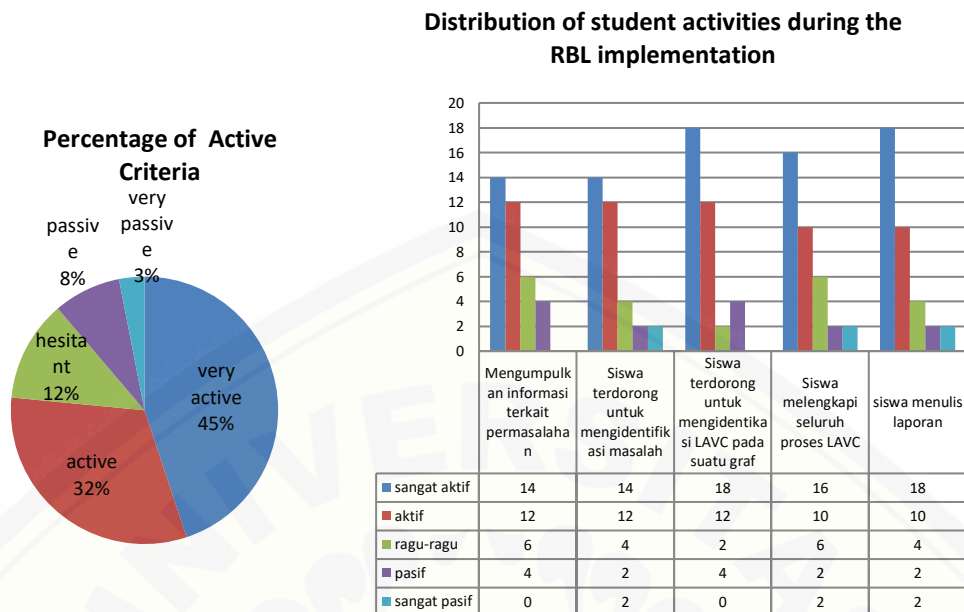
class, 49% of students were very good, 35% were good, and 16% were poor. The results of both classes can be seen in the following figures (Figure 7 and Figure 8).



**Figure 7.** Distribution of Creative Thinking Skills in Control Class



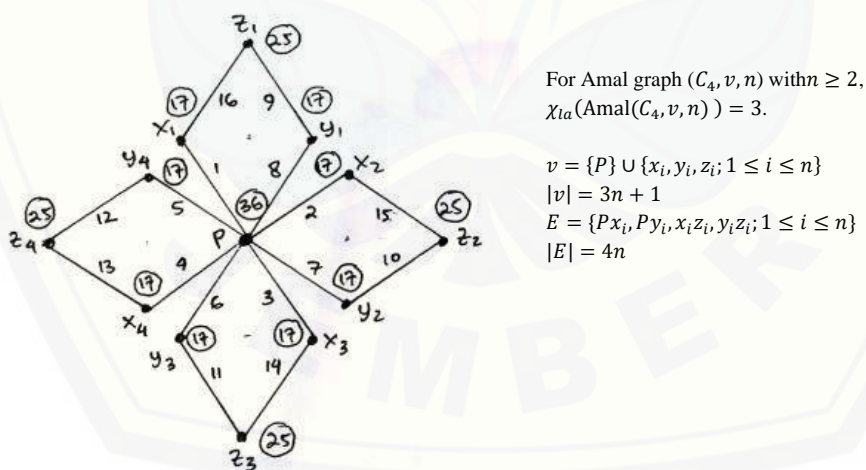
**Figure 8.** Distribution of Creative Thinking Skills in Experimental Class



**Figure 9.** Distribution of observation result from all subjects in experimental class

Figure 9 showed student’s involvement during the implementation of RBL. Based on Figure 9, it could be seen that 45% of students were very actively involved in learning, 32% were active, 12% were hesitant, 8% were passive, and 3% were very passive. Thus, it could be concluded that RBL worked well in the learning process to solve LAVC problems.

Following figures shows students’ works.



**Figure 10.** Example of student’s work

In Figure 10, students determined a graph to be identified and labeled with LAVC labeling. The student gave notation, then wrote the cardinality of the graph. The graph used by the student was the result of amalgamation point from  $C_4$ , which was given the name Amal  $(C_4, v, n)$ . In Figure 11, after the student labeled the graph, the student determined the side function formula and the point weight function of the graph, and the result was the chromatic number of the graph was 3 ( $\chi_{la} = 3$ ).

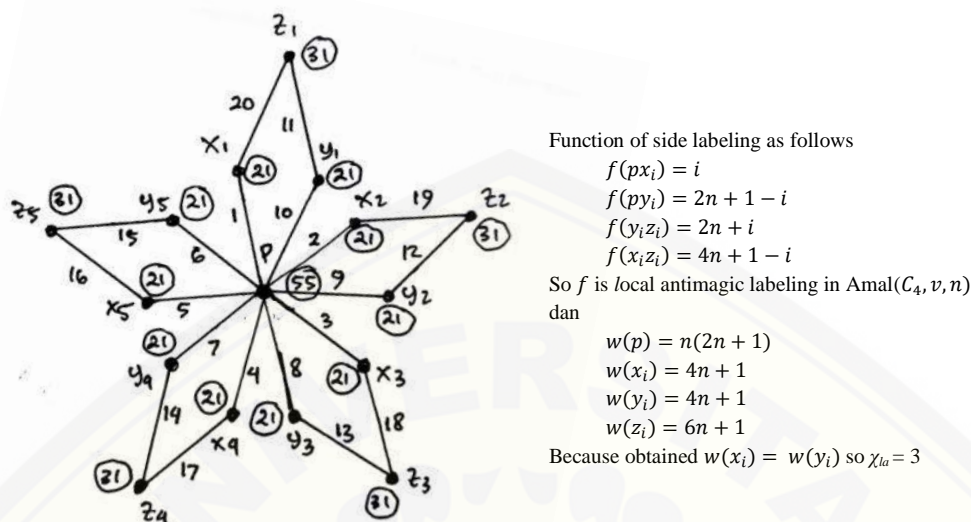


Figure 11. Example of student's work

To know about student responses regarding the implementation of RBL, interviews were conducted with students. The results of the interview were as follows.

- Researcher : What did you do after reading the problem?  
 Student : looking for the literature about the problems, which was LAVC.  
 Researcher : Then what did you do?  
 Student : Choosing a graph to be labeled with LAVC.  
 Researcher : Do you understand about LAVC?  
 Student : Yes. A graph is given side label, so that the neighboring point weights can differ and the weight of the resulting point can be minimal.  
 Researcher : How many point weight or color found in the graph you labeled?  
 Student : I found three chromatic numbers.  
 Researcher : How could you be sure that it is the least?  
 Student : Because the graph that I labeled is the result of an amalgamation operation the point of the cycle, where the chromatic number of the cycle is 3, then the graph must be the chromatic number  $\geq 3$ . But because it can already be found 3, then it must be chromatic number 3.  
 Researcher : Besides labeling and determining chromatic numbers, what else did you do?  
 Student : I gave a notation to the graph, determine its cardinality, and formed its function formula.  
 Researcher : Have you worked on LAVC labeling before?  
 Student : Yes, but the graph labeled was just an ordinary graph, it was not expanded.  
 Researcher : How do you think about the learning process?  
 Student : I think learning is fun because with my group I have a partner for discussion. Besides that, we understand it better because we found the result by ourselves.



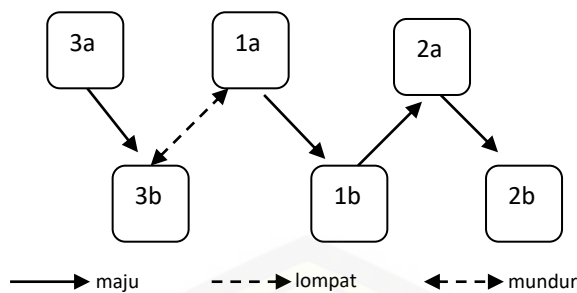


Figure 12. Portrait of Creative Thinking Phase of S1

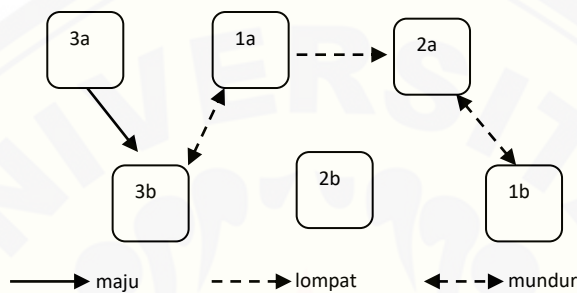


Figure 13. Portrait of Creative Thinking Phase of S2

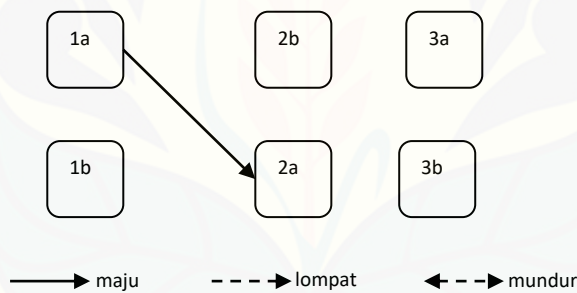


Figure 14. Portrait of Creative Thinking Phase of S3

Figure 12, Figure 13, and Figure 14, show the portrait of creative thinking phase of three research subjects.

4. Discussion

This study was conducted to determine the profile of students' creative thinking skills in solving vertex coloring local antimagic problems by applying research based learning. From the results of the study, it was found that the application implementation of RBL proved to have an influence in improving students' creative thinking skills in the experimental class. Before the implementation of RBL, the percentage of students' creative thinking skills was very good for 25%, good for 33%, and poor for 42%. Whereas, after the RBL implementation, students' creative thinking skills increased to 49% for very good, 35% for good, and 16% for not good category.

Students in the experimental class showed higher skills than the control class. The results showed an increase in learning outcomes and creative thinking skills which was seen from the results of the post-test. The average value of the experimental class was higher than the control class because of the effect of RBL. In the experimental class, the average post-test score was 7,00, while the control class was 5,86. In the experimental class, 49% of students had good creative thinking skills, while in the control class were only 29% of students. Students in the experimental class were encouraged to find

and understand problems, and solve them themselves through discussion with their friends so that they could really understand the material. Therefore, RBL was very good for improving student learning outcomes and thinking skills.

The result of this study is in line with the research results by Yudha et al [17], Tohir et al [13], and Susiani et al [12] which showed that RBL has an influence in improving students' creative thinking skills. In addition, this research is also in line with the results of research from Anwar et al [1] and Surapuramath [11] which stated that there is indeed a positive relationship between creative thinking and student learning outcomes.

From the data based on the interview, it was found that students gave a positive response to the application of Research Based Learning. Students felt that learning was more fun and they could better understand the material being studied. In addition, the results of the observation showed that there were more active students than passive students, which proved that the implementation of RBL was attractive to students; thus triggering students to be active in learning process. This is in accordance with Dafik's statement [4] that one of the benefits of RBL is to encourage the role of learners to be more active in the learning process.

## 5. Conclusion

Based on the results of the study, it was found that the implementation of RBL had a positive influence in improving students' creative thinking skills in solving local antimagic vertex coloring problem. Students in the experimental class showed better creative thinking skills than the control class. The results showed an increase in learning outcomes and creative thinking skills which can be seen from the post-test scores. The experimental class showed better results because it was supported by the implementation of RBL. Therefore, RBL is a good learning method to improve students' creative thinking skills.

However, RBL does not give effect only on students' creative thinking skills. The other thinking skills, such as critical thinking, may be affected as well. It's good for the future researcher to conduct a study about the effect of implementing RBL to the other students' thinking skills in solving local antimagic vertex coloring problem.

## Acknowledgement

We express our gratitude for the support of the Head of the Mathematics Education Master Program and the Dean of the Faculty of Science and Education at University of Jember.

## References

- [1] Anwar, Nadeem M, Aness M, Khizar A, Naseer M and Muhammad G 2012 Relationship of creative thinking with the academic achievements of secondary school students *Int. Interdisciplinary J. of Education* **1** 44–7
- [2] Arumugam S, Premalatha K, Bača M and Semaničová-Feňovčíková A 2017 Local antimagic vertex coloring of a graph *Graphs and Comb.* **33** 275–85
- [3] Birgili B 2015 Creative and critical thinking skills in problem-based learning environments *J. of Gifted Education and Creativity* **2** 71–1
- [4] Dafik 2015 *Graph Theory, Application and The Growth of High Level Thinking Skills* (Jember: CGANT Research Group University of Jember)
- [5] Dafik 2016 *Development of PBR (Research Based Learning) in the Course. Impact of PBR in Unej Environment* (Jember: University of Jember)
- [6] Ersoy E and Neş'e B 2014 The effects of problem-based learning method in higher education on creative thinking *Proc. - Soc. and Behav. Scie.* **116** 3494–98
- [7] Hobri 2010 *Development Research Methodology (Application on Mathematics Education Research)* (Jember: Pena Salsabila)
- [8] Shorten A and Smith J 2017 Mixed methods research: expanding the evidence base *Evid. Based Nurs.* **20** 74–5

- [9] Silver E A 1997 Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing *ZDM* **29** 75–80
- [10] Sota C and Peltzer K 2017 The effectiveness of research based learning among master degree student for health promotion and preventable disease, faculty of public health, khon kaen university, thailand *Proc. - Soc. and Behav. Sci.* **237** 135–65
- [11] Surapuramath A K 2014 A study of relationship between creativity and academic achievement of secondary school pupils *Int. J. of Soc. Sci.* **3** 305–9
- [12] Susiani T S, Salimi M and Hidayah R 2018 Research Based Learning (RBL): How to Improve Critical Thinking Skills? *SHS Web of Conf.* **42** 00042
- [13] Tohir M, Abidin Z, Dafik and Hobri 2018 Students creative thinking skills in solving two dimensional arithmetic series through research-based learning *J. of Phy.: Conf. Series* **1008** 012072
- [14] Türkmen H 2015 Creative thinking skills analyzes of vocational high school students *J. of Educational and Instruct. Stu.* **5** 74-84
- [15] UNESCO International Bureau Education 2014 *Guiding Principles for Learning in the Twenty-First Century* (Geneva: International Bureau of Education)
- [16] Wardoyo S M 2013 *Research Based Learning* (Jakarta: Akademia Permata)
- [17] Yudha, Firma, Dafik and Yuliati N 2018 The analysis of creative and innovative thinking skills of the 21st century students in solving the problems of 'locating dominating set' in research based learning *Int. J. of Adv. Engin. Research and Scie.* **5** 163–76

**AUTOBIOGRAFI****Nuris Hisan Nazula**

Lahir di Banyuwangi, 11 Maret 1993. Menyelesaikan pendidikan formal berturut-turut di MI Darun Najah II Banyuwangi pada tahun 2004, SMPN 1 Banyuwangi tahun 2007, SMAN 1 Glagah Banyuwangi 2010, dan S1 Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Jember tahun 2014. Selama kuliah di jenjang S1 dan S2, mengikuti Program Kerja Lapangan di Sekolah Pelita Bangsa Bali dan Program Studi Lapang di Universiti Kebangsaan Malaysia, serta pernah melaksanakan PPL di Suksanareewittaya School Bangkok Thailand selama satu bulan pada saat menempuh jenjang S1.