



**PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA
BERDASARKAN *RESEARCH BASED LEARNING* DAN
PENGARUHNYA TERHADAP KETERAMPILAN
BERPIKIR KREATIF-INOVATIF MAHASISWA
DALAM MENYELESAIKAN MASALAH
*RAINBOW ANTIMAGIC COLORING***

TESIS

Oleh:
Budi Sulistiyono
NIM 180220101021

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

2020



**PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA
BERDASARKAN *RESEARCH BASED LEARNING* DAN
PENGARUHNYA TERHADAP KETERAMPILAN
BERPIKIR KREATIF-INOVATIF MAHASISWA
DALAM MENYELESAIKAN MASALAH
*RAINBOW ANTIMAGIC COLORING***

TESIS

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Matematika (S2)
dan Mencapai gelar Magister Pendidikan

Oleh:

**Budi Sulistiyono
NIM 180220101021**

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

2020

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Dengan mengucapkan rasa syukur, tesis ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda tercinta Yohanes Sutarjo dan ibunda tercinta Sumini di Yogyakarta, terima kasih selama ini telah memberikan limpahan kasih sayang, kepercayaan dan doa yang selalu mengiringi setiap langkah yang dilewati. Semoga Tuhan selalu melindungi dan memberikan kesehatan;
2. Saudara dan saudariku Mikael Sulistiyanto dan Elisabeth Tri Rahayu Sulistiyani terima kasih atas dukungan, doa, dan motivasi yang telah diberikan;
3. Para dosen pembimbing, dosen penguji, tim validator, tim CGANT, dan seluruh dosen FKIP Matematika dan FMIPA yang telah membimbing saya selama perkuliahan hingga selesainya tesis ini;
4. Rekan-rekan RG Combinatorics 2019 dan rekan-rekan MAGENTA 2018 yang selalu memberikan motivasi dan dukungan selama belajar di Magister Pendidikan Matematika Universitas Jember;
5. Sahabat dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tesis ini;
6. Almamater Program Studi Magister Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

MOTTO

“Marilah kepada-Ku, semua yang letih lesu dan berbeban berat, Aku akan memberi kelegaan kepadamu”

(Matius 11:28)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Budi Sulistiyono

NIM : 180220101021

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan *Research Based Learning* dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif-Inovatif Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah *Rainbow Antimagic Coloring*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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 dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 23 Januari 2020

Yang Menyatakan,

Budi Sulistiyono
NIM 180220101021

HALAMAN PEMBIMBINGAN

TESIS

**PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA
BERDASARKAN *RESEARCH BASED LEARNING* DAN
PENGARUHNYA TERHADAP KETERAMPILAN
BERPIKIR KREATIF-INOVATIF MAHASISWA
DALAM MENYELESAIKAN MASALAH
*RAINBOW ANTIMAGIC COLORING***

Oleh:

Budi Sulistiyono
NIM 180220101021

Pembimbing

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

HALAMAN PENGAJUAN

**PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA
BERDASARKAN *RESEARCH BASED LEARNING* DAN
PENGARUHNYA TERHADAP KETERAMPILAN
BERPIKIR KREATIF-INOVATIF MAHASISWA
DALAM MENYELESAIKAN MASALAH
*RAINBOW ANTIMAGIC COLORING***

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan syarat untuk menyelesaikan Program Magister Pendidikan Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan Program Studi Magister Pendidikan Matematika pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Oleh:

Nama : Budi Sulistiyono
NIM : 180220101021
Tempat, Tanggal Lahir : Bantul, 01 Desember 1993
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Magister Pendidikan Matematika

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Drs. Slamain, M.Comp.Sc., Ph.D.
NIP. 19670420 199201 1 001

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D.
NIP. 19680802 199303 1 004

PENGESAHAN

Tesis berjudul " Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan *Research Based Learning* dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif-Inovatif Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah *Rainbow antimagic coloring* pada Graf" karya Budi Sulistiyono telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Kamis, 23 Januari 2020

Tempat : Gedung III Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

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

NIP. 19670420 199201 1 001

Anggota I,

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

NIP 19680802 199303 1 004

Anggota III,

Anggota II,

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd

NIP. 19540501 1983031 005

Dr. Hobri, S.Pd., M.Pd.

NIP. 19730506 199702 1 001

Dr. Nanik Yulianti, M.Pd.

NIP. 19610729 198802 2 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

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

NIP 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan *Research Based Learning* dan Pengaruhnya terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif-Inovatif Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah *Rainbow Antimagic Coloring*; Budi Sulistiyono, 180220101021; 2020; 112 halaman; Program Studi Magister Pendidikan Matematika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Saat ini proses pembelajaran di perguruan tinggi telah menerapkan pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa guna berperan aktif pada kegiatan pembelajaran. Mahasiswa akan berhasil dalam menyelesaikan masalah apabila ia menyelesaikannya secara terencana dan teratur dan dapat berinovasi dalam menyelesaikan masalah.

Salah satu alternatif model pembelajaran yang bisa digunakan untuk pembelajaran yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa yaitu *research based learning (RBL)*. *RBL* merupakan metode pembelajaran yang menggunakan *contextual learning*, *authentic learning*, *problem-solving*, *cooperative learning*, *hands on & minds on learning*, dan *inquiry discovery approach*. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengembangkan perangkat pembelajaran matematika untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa pada suatu kegiatan pembelajaran yang berbasis *RBL* dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*. Pada konsep *rainbow antimagic coloring* di graf, mahasiswa diharapkan mampu membuat penemuan terkait *rainbow antimagic coloring*.

Perangkat yang dikembangkan memenuhi kategori sangat valid ditunjukkan dengan koefisien validitas rencana pembelajaran sebesar 3,64; lembar kerja mahasiswa sebesar 3,63, dan tes akhir riset sebesar 3,46. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas pendidik dalam mengelola pembelajaran dengan presentase keseluruhan rata-rata skor pada pertemuan pertama sebesar 94,25% dan pada pertemuan kedua sebesar 95%. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori efektif berdasarkan presentase keseluruhan rata-rata skor aktivitas mahasiswa sebesar 90,05%, hasil presentase keseluruhan rata-rata skor

respon mahasiswa sebesar 91,5%, dan mahasiswa yang tuntas dalam pembelajaran menggunakan model *RBL* sebesar 43% mahasiswa berada pada kategori sangat kreatif-inovatif, 25% mahasiswa pada kategori kreatif-inovatif, 15% mahasiswa pada kategori cukup kreatif-inovatif dan 11% mahasiswa pada kategori kurang kreatif-inovatif dan 6% mahasiswa pada kategori tidak kreatif-inovatif.

Berdasarkan hasil analisis keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa melalui post tes diperoleh data keseluruhan tingkat keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. Dari 71 mahasiswa yang mengikuti pos tes pada kelas kontrol dan kelas eksperimen diperoleh persentase setiap indikator yaitu 41% termasuk tidak kreatif-inovatif, 20% kurang kreatif-inovatif, 17% cukup kreatif-inovatif, 11% kreatif-inovatif, dan 11% sangat kreatif-inovatif. Sedangkan pada kelas eksperimen 6% tidak kreatif-inovatif, 11% kurang kreatif-inovatif, 15% cukup kreatif-inovatif, 25% kreatif-inovatif, dan 43% sangat kreatif-inovatif.

Potret fase keterampilan berpikir kreatif-inovatif yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu potret fase mahasiswa dengan keterampilan kurang kreatif-inovatif, kreatif-inovatif, dan sangat kreatif-inovatif serta kombinasi potret fase dari ke tiga mahasiswa tersebut.

Monograf yang dihasilkan pada penelitian ini berisi rangkuman hasil temuan peneliti dan mahasiswa berupa rainbow antimagic coloring dari graf tangga, graf berlian, graf bintang ganda, graf petasan.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika *Research Based Learning* dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif-Inovatif Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah *Rainbow antimagic coloring*”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan sarjana dua (S2) pada Program Studi Magister Pendidikan Matematika Jurusan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

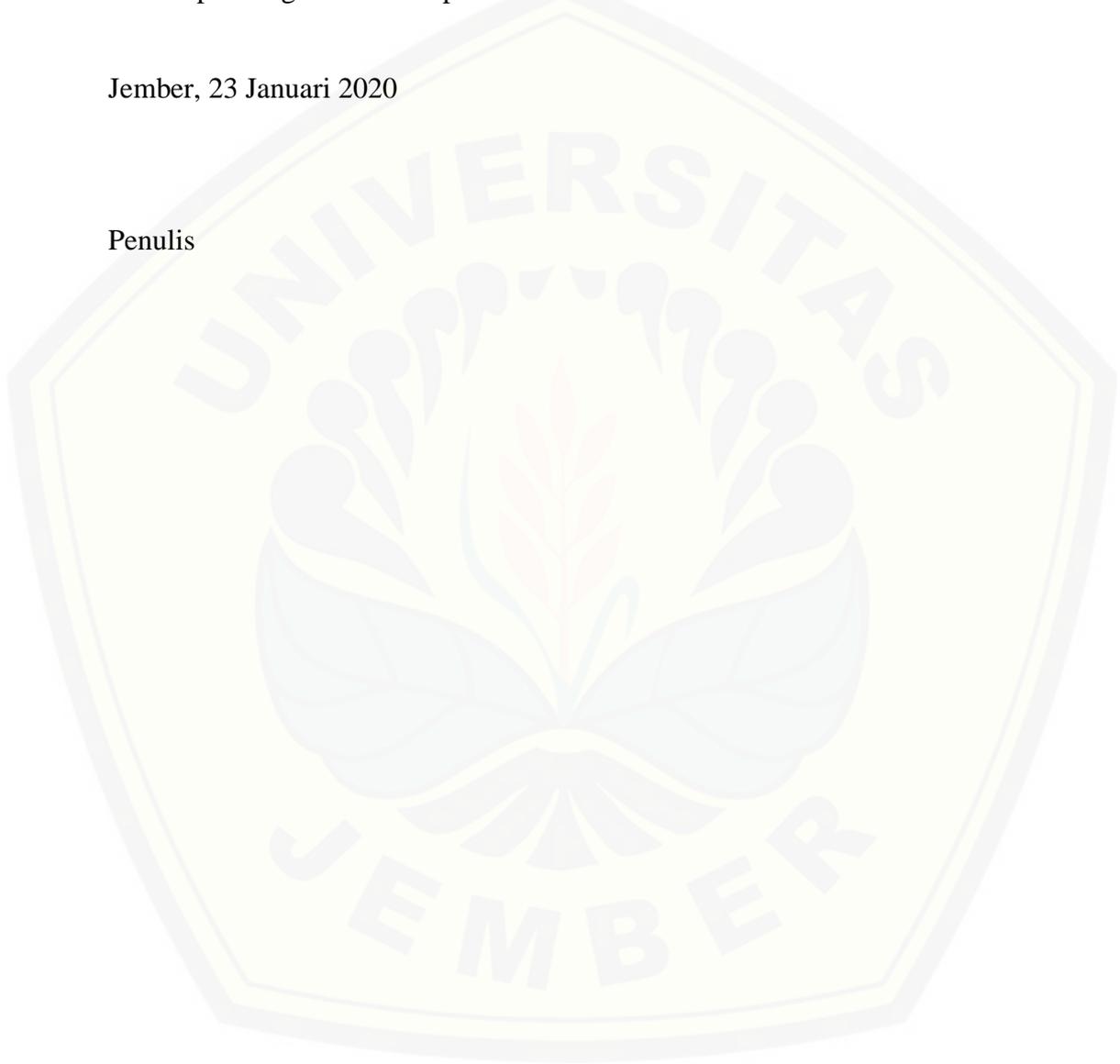
Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ketua Program Studi Magister Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember, sekaligus selaku Dosen penguji dua yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran dalam penulisan tesis ini;
3. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II, yang selalu meluangkan waktu dan selalu siap setiap saat membantu, membimbing, memberi arahan, semangat serta dukungan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini dengan penuh kesabaran;
4. Dosen penguji I, Penguji II, dan Penguji III yang telah memberikan saran serta membimbing saya dalam penyusunan tesis ini;
5. Bapak dan Ibu dosen Magister Pendidikan Matematika serta seluruh staf karyawan dan karyawan di lingkungan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
6. Rekan-rekan angkatan 2018, terimakasih atas dukungan, motivasi, doa serta bantuannya selama ini;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas budi baik yang telah diberikan dalam membantu penyusunan tesis ini hingga selesai. Penulis sadar tentunya tesis ini masih belum sempurna, maka dari itu penulis juga menerima segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tesis ini. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Jember, 23 Januari 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
TESIS	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGAJUAN.....	vi
PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GRAFIK.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Spesifikasi Perangkat.....	5
1.6 Kebaharuan Penelitian.....	6
BAB 2. KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Perangkat Pembelajaran Matematika.....	7
2.1.1 Rencana Pembelajaran.....	7
2.1.2 Lembar Kerja Mahasiswa (LKM).....	7
2.1.3 Tes Hasil Belajar (THB).....	8
2.2 <i>Research Based Learning</i>	9
2.2.1 Definisi <i>Research Based Learning</i>	9
2.2.2 Manfaat <i>Research Based Learning</i>	11

2.2.3 Tujuan <i>Research Based Learning</i>	12
2.2.4 Strategi Mewujudkan <i>Research Based Learning</i> dalam Mata Kuliah	12
2.2.5 Sintaksis Penerapan <i>Research Based Learning</i> dalam Perkuliahan.....	14
2.3 Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif.....	17
2.3.1 Definisi Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif	17
2.3.2 Karakteristik dan Indikator Berpikir Kreatif dan Inovatif.....	18
2.4 <i>Rainbow Coloring</i>	22
2.5 <i>Antimagic Labeling</i>	23
2.6 <i>Rainbow Antimagic Coloring</i>	23
2.7 Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif pada Materi <i>Rainbow antimagic coloring</i>	24
2.8 Tinjauan Peneliti Terdahulu.....	26
2.9 Hipotesis Tindakan	29
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Jenis Penelitian	30
3.1.1 Pengertian Metode Kombinasi.....	30
3.1.2 Model Metode Penelitian Kombinasi.....	30
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.3 Definisi Operasional	31
3.4 Penelitian Pengembangan	32
3.4.1 Tahap Pendefinisian (<i>Define</i>).....	33
3.4.2 Tahap Perancangan (<i>Design</i>).....	33
3.4.3 Tahap Pengembangan (<i>Develop</i>).....	34
3.4.4 Tahap Desinimasi (<i>Dessinimate</i>).....	35
3.5 Penelitian Eksperimen	35
3.5.1 Populasi dan Sampel Penelitian	35
3.5.2 Desain Penelitian.....	36
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	37
3.6.1 Teknik Tes.....	37
3.6.2 Teknik Non-tes	38

3.7 Teknik Analisis Data	38
3.7.1 Teknik Pengolahan dan Analisis Data Instrumen Tes.....	38
3.7.2 Teknik Pengolahan dan Analisis Data.....	40
3.7.3 Teknik Pengolahan dan Analisis Data Hasil Non-tes	43
3.8 Potret Fase.....	46
3.9 Monograf	46
BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Proses Pengembangan Perangkat Pembelajaran.....	47
4.1.1 Tahap Pendefinisian (<i>Define</i>).....	47
4.1.2 Tahap Perancangan (<i>Design</i>).....	50
4.1.3 Tahap Pengembangan (<i>Develop</i>).....	54
4.1.4 Tahap Penyebaran (<i>Disseminate</i>).....	57
4.2 Hasil Pengembangan Perangkat.....	58
4.2.1 Hasil Analisis Data Validasi.....	58
4.2.2 Hasil Pengembangan Setelah Validasi	68
4.3 Penerapan Research Based Learning	69
4.3.1 Analisis Pre Tes	70
4.3.2 Analisis Pos Tes	75
4.3.3 Uji Hipotesis.....	79
4.3.4 Aktivitas Research Based Learning	81
4.4 Potret Fase.....	86
4.5 Monograf	94
4.6 Pembahasan	98
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	105
5.1 Kesimpulan	105
5.2 Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	109

DAFTAR GAMBAR

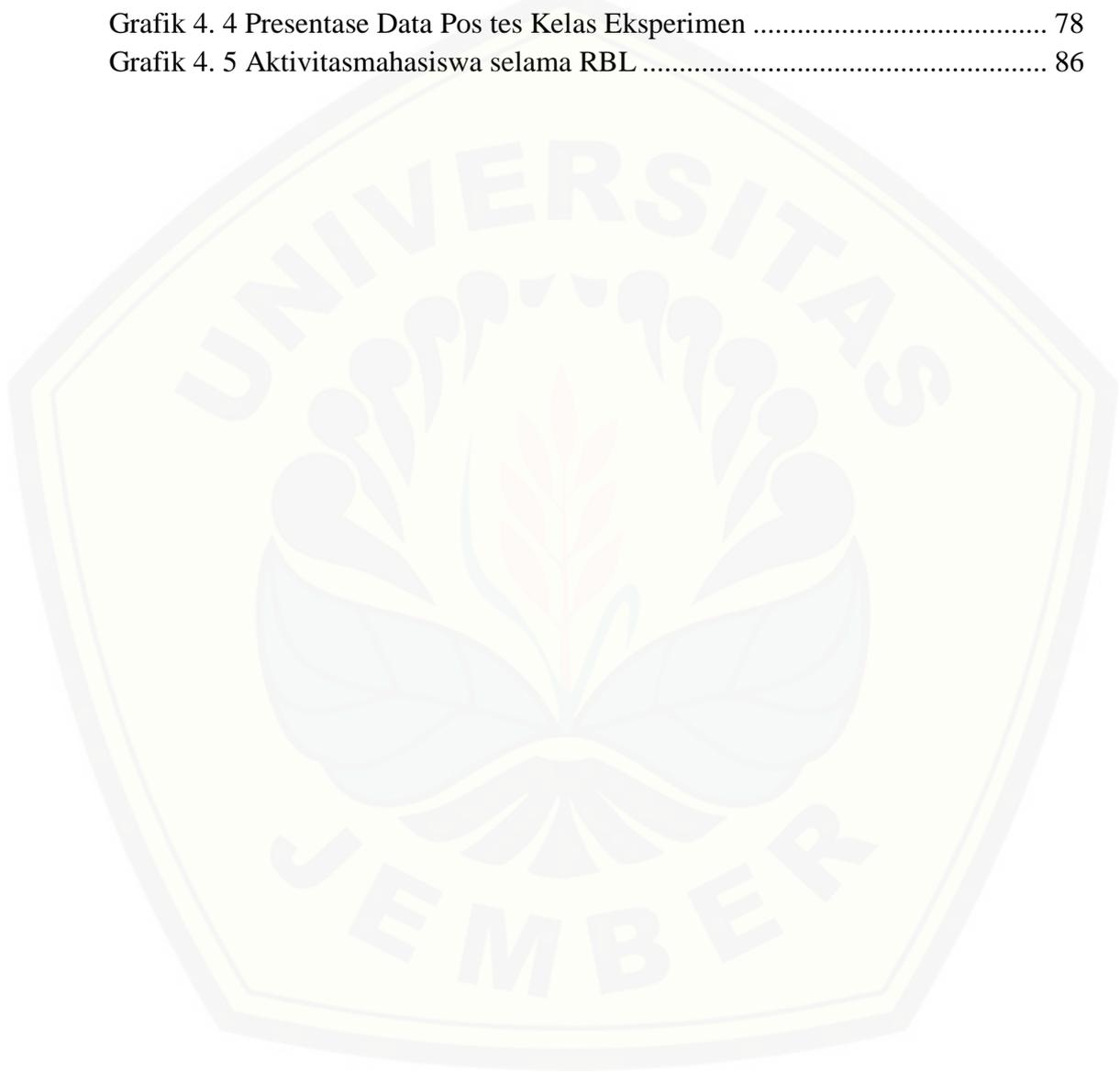
	Halaman
Gambar 1.1 Keterampilan Abad 21	2
Gambar 2. 1 Bagan tahapan pelaksanaan pembelajaran berbasis riset	16
Gambar 2. 2 Gambar graf dengan rainbow coloring.....	23
Gambar 2. 3 Gambar graf dengan pewarnaan rainbow dan $rc(G)=4$	25
Gambar 2. 4 Graf dengan pewarnaan <i>rainbow local edge antimagic</i> dengan $rclAG = 6$	25
Gambar 3. 1 Model Penelitian Kombinasi	30
Gambar 3. 2 Bagan rancangan penelitian 4-D	36
Gambar 3. 3 Halaman Awal RShiny yang Telah dikembangkan	42
Gambar 4. 1 Peta Konsep Rainbow Antimagic Coloring	49
Gambar 4. 2 Gambar Desain Awal Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)	52
Gambar 4. 3 Cover Monograf Rainbow Antimagic Coloring.....	53
Gambar 4. 4 Pengembangan Rencana Pembelajaran (SAP)	68
Gambar 4. 5 Cover dan isi LKM yang sudah dikembangkan	69
Gambar 4. 6 Pos tes yang sudah dikembangkan	69
Gambar 4. 7 Riset 1 LKM.....	82
Gambar 4. 8 Riset 2 LKM.....	83
Gambar 4. 9 Pemberian Notasi pada Graf	83
Gambar 4. 10 Graf Ladder	84
Gambar 4. 11 Pemberian Notasi pada Graf Ladder	84
Gambar 4. 12 <i>Rainbow Antimagic Coloring</i> Graf Ladder	85
Gambar 4. 13 Gambar Pekerjaan Mahasiswa 1	87
Gambar 4. 14 Gambar Potret Fase Mahasiswa 1	89
Gambar 4. 15 Gambar Pekerjaan Mahasiswa 2	89
Gambar 4. 16 Gambar Potret Fase Mahasiswa 2	91
Gambar 4. 17 Alur prosedur penelitian.....	95
Gambar 4. 18 Gambar graf tangga	95
Gambar 4. 19 Gambar graf tangga yang diberi notasi	95
Gambar 4. 20 Graf tangga yang sudah diberi label titik dan bobot sisi	96
Gambar 4. 21 graf tangga dengan $rcAL7 = 7$	98
Gambar 4. 22 Graf D_2 dengan 6 warna	99

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Tahapan RBL menurut Peter Tremp.....	16
Tabel 2. 2 Tingkat Kemampuan Berpikir Kreatif	19
Tabel 2. 3 Karakteristik dan Indikator berpikir kreatif dan inovatif	20
Tabel 2. 4 Pengembangan Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif	21
Tabel 3. 1 Skema Desain Penelitian.....	37
Tabel 3. 2 Kriteria Validitas Instrumen.....	40
Tabel 3. 3 Kriteria koefisien korelasi reliabilitas instrumen	40
Tabel 3. 4 Kriteria Data Hasil Observasi Aktivitas Dosen	44
Tabel 3. 5 Skor Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa	45
Tabel 4. 1 Daftar Nama Validator.....	54
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Validasi Rencana Pembelajaran	58
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Validasi LKM	60
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Validasi TAR	62
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Skor Hasil Observasi Aktivitas Dosen dalam Mengelola Kelas	63
Tabel 4. 6 Rekapitulasi pengamatan Aktivitas Mahasiswa.....	66
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Respon Mahasiswa terhadap Pembelajaran	67
Tabel 4. 8 Uji Homogenitas pada Data Pre-tes Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	74
Tabel 4. 9 Uji Normalitas Data Pre tes dari kelas kontrol dan kelas eksperimen .	74
Tabel 4. 10 Uji independent t-test Pre tes dari kelas kontrol dan kelas eksperimen	75
Tabel 4. 11 Uji Normalitas Data Pos tes	78
Tabel 4. 12 Uji Homogenitas Data Pos tes dari Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	79
Tabel 4. 13 Uji Pengaruh menggunakan independen T-tes	79

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4. 1 Persentase Pretes dari kelas kontrol.....	71
Grafik 4. 2 Persentase Pretes dari kelas eksperimen.....	72
Grafik 4. 3 Presentase Data Pos tes Kelas Kontrol	76
Grafik 4. 4 Presentase Data Pos tes Kelas Eksperimen	78
Grafik 4. 5 Aktivitasmahasiswa selama RBL	86



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A	
A.1 Matrik Penelitian	113
A.2 Kisi-Kisi Perangkat Pembelajaran.....	115
A.3 Silabus	117
A.4 Rencana Pembelajaran Semester (RPS)	119
A.5 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan (RPP).....	123
A.6 <i>Pre Test</i>	128
A.7 <i>Post Test</i>	131
A.8 Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)	134
A.9 Lembar Observasi Aktivitas Mahasiswa	140
A.10 Lembar Obsevasi Kemampuan Pendidik dalam Mengelola Pembelajaran	141
A.11 Angket Respon Mahasiswa terhadap Kegiatan Pembelajaran	143
A.12 Pedoman Wawancara	145
LAMPIRAN B	
B.1 Format Validasi Rencana Pelaksanaan Perkuliahan (RPP)	147
B.2 Format Validasi <i>Pre-test</i> dan <i>Post –Test</i>	150
B.3 Format Validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM).....	152
B.4 Format Validasi Pedoman Wawancara.....	154
LAMPIRAN C	
C.1 Hasil Validasi Rencana Pelaksanaan Perkuliahan (RPP)	156
C.2 Hasil Validasi <i>Pre-Test</i> dan <i>Post-Test</i>	162
C.3 Hasil Validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM).....	166
C.4 Hasil Validasi Pedoman Wawancara.....	170
LAMPIRAN D	
D.1 LoA Publikasi Artikel Pendidikan (ICCGANT 2019)	174
D.2 Sertifikat Keikutsertaan ICCGANT 2019	175
D.3 Artikel Pendidikan (ICCGANT 2019)	176
D.4 LoA Publikasi Artikel Graf (ICOPAMBS 2019)	189
D.5 Sertifikat Keikutsertaan ICOPAMBS 2019.....	190
D.6 Artikel Graf (ICOPAMBS 2019)	191
D.7 Monograf	201
LAMPIRAN E	
E.1 Dokumentasi Penelitian	227
E.2 Lembar Revisi	230
E.3 Autobiografi	231

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Syaibani (2017) pendidikan merupakan salah satu faktor utama dalam perkembangan dan kemajuan suatu negara, terutama pendidikan pada tingkat universitas, karena pendidikan tinggi atau pada tingkat universitas memiliki peran yang strategis dalam meningkatkan mutu Sumber Daya Manusia (SDM). Dampak kemajuan ekonomi, globalisasi, dan teknologi digital menuntut lulusan yang fungsional dibandingkan lulusan yang hanya fokus dalam pelajaran inti saja. Dampak tersebut menuntut pengajar untuk mengajarkan keterampilan yang baru bukan hanya pelajaran inti saja. Kenyataan ini telah menyebabkan munculnya paradigma pembelajaran baru bahwa sekarang peserta didik perlu diajarkan keterampilan yang paling dibutuhkan di abad ke-21 (Kivunja, 2015a).

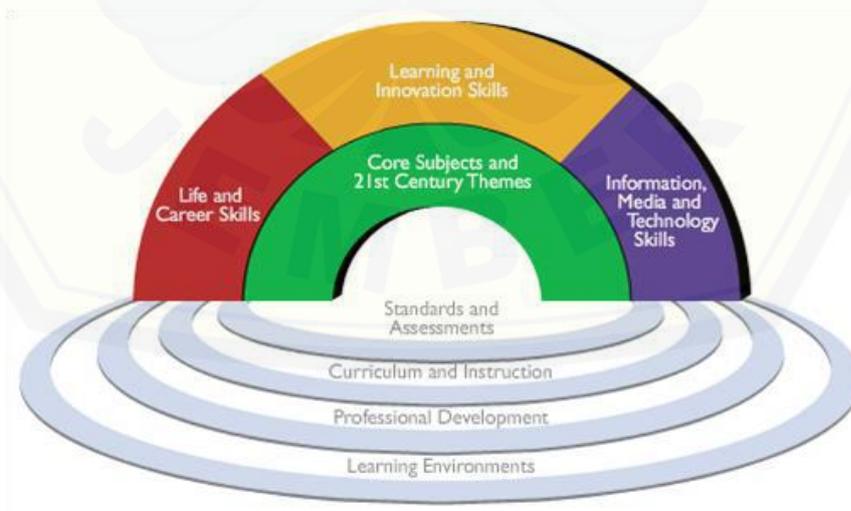
Saat ini pendidikan dituntut untuk dapat menumbuhkan dan mengembangkan semua keterampilan yang ada dalam setiap peserta didik. Salah satu keterampilan dari peserta didik yang diharapkan bisa tumbuh melalui proses pendidikan adalah kemampuan 4Cs yang meliputi *Communication, Collaboration, Critical Thinking and Problem Solving*, dan *Creativity and Innovation*.

Menurut Bloom (dalam Kivunja, 2015) *critical thinking and problem solving* mengacu pada kemampuan individu untuk menggunakan sejumlah keterampilan pengolahan kognitif untuk menganalisa, mengevaluasi dan membangun ide baru. Definisi ini selaras dengan *Californian National Council for Excellence in Critical Thinking* (NCECT) yakni sebagai proses intelektual secara aktif dan terampil konseptualisasi, menerapkan, menganalisis, mensintesis, dan atau mengevaluasi informasi yang dikumpulkan dari, atau dihasilkan oleh, pengamatan, pengalaman, refleksi, penalaran, atau komunikasi, sebagai panduan untuk bertindak (NCECT, 2014). Menurut Kivunja (2015) berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan abad ke-21 karena memungkinkan siswa untuk berpikir mendalam dan untuk memecahkan masalah yang tidak biasa dengan cara yang berbeda.

Communication adalah tentang memahami dan berbagi ide. Komunikasi yang efektif selalu menjadi keterampilan yang penting dalam bisnis, hubungan keluarga dan semua lapisan masyarakat. Media dan teknologi digital telah membuat komunikasi menjadi lebih efektif. Munculnya informasi dan teknologi digital di abad ke-21 telah membawa dimensi baru yang menyerukan keterampilan komunikasi yang lebih dalam dan lebih luas bagi lulusan untuk dapat menjadi pribadi yang efektif dalam berkomunikasi.

Collaboration sebagai keterampilan kerja sama tim, bekerja dalam kelompok, dan bekerja sama dengan orang lain (Handsley, 2011). Dengan demikian kolaborasi penting setiap kali kerja tim, kerja kelompok dan kerjasama yang terlibat. Ketika diterapkan secara efektif, kolaborasi dapat memiliki dampak positif yang signifikan pada orang yang terlibat.

Istilah *creativity and innovation* sering digunakan untuk merujuk pada ide baru, atau penggunaan ide baru untuk menambah nilai sosial atau ekonomi (IBSA, 2009). Menurut *Partnership 21* (2007) persaingan global dan tugas otomatisasi, kapasitas inovatif dan semangat kreatif yang cepat menjadi persyaratan untuk kesuksesan pribadi dan profesional. Perekonomian saat ini dipicu oleh informasi dan didorong oleh teknologi digital, kreativitas dan inovasi adalah pendorong utama dalam ekonomi global (P21, 2014).



Gambar 1.1 Keterampilan Abad 21

Menurut Aizikovitsh dkk. (2011) pendekatan dalam studi matematika saat ini mengikuti pemahaman konseptual matematika dan menekankan investigasi, solusi masalah, keterampilan berpikir tingkat tinggi dan wacana matematika. Peserta didik diharapkan untuk secara aktif membangun pengetahuan dan pemahaman mereka, sementara para pengajar berfungsi sebagai mediator dengan mengajukan pertanyaan, mengajukan tantangan dan menugaskan tugas penyelidikan, dan membantu siswa untuk berpikir dengan cara yang lebih dalam tentang berbagai konsep, ide dan konteks matematika.

Research Based Learning atau Pembelajaran Berbasis Riset (PBR) merupakan metode pembelajaran yang menggunakan *contextual learning*, *authentic learning*, *problem-solving*, *cooperative learning*, *hands on & minds on learning*, dan *inquiry discovery approach*. Target dari penerapan PBR adalah mendorong terciptanya keterampilan berfikir tingkat tinggi pada diri dosen dan mahasiswa. Mahasiswa tidak hanya dijejali dengan informasi dan ilmu pengetahuan namun harus dibawa ke level yang tinggi yaitu menciptakan atau berkomunikasi. Pencapaian sampai level ini dalam teori pembelajaran dikenal dengan tercapainya keterampilan berpikir tingkat tinggi yang diterjemahkan dari kalimat *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) (Dafik, 2015).

Salah satu kemampuan 4Cs adalah *creativity and innovation*. Menurut Bacanli dkk. (2011) untuk menjadi kreatif, kita perlu membuat hal baru dan berguna. Hanya menghasilkan hal baru bukanlah kriteria yang cukup untuk kreativitas. Produk yang berguna yang dibuat harus menyelesaikan masalah.. Kreativitas dipandang sebagai tindakan cerdas yang menciptakan beberapa solusi untuk masalah dengan pandangan asli dan unik dari pada membatasi solusi oleh kecerdasan dan logika.

Dari penjelasan di atas, peneliti bertujuan mengembangkan sebuah perangkat pembelajaran *research based learning* untuk menganalisis kemampuan berfikir kreatif-inovatif mahasiswa. Dimana pengembangan perangkat pembelajarannya akan difokuskan pada pemodelan diskrit dengan materinya *rainbow antimagic coloring*, karena pemodelan diskrit menuntut mahasiswa untuk menggunakan kemampuan kreativitasnya dalam memodelkan permasalahan yang

sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari ke dalam bentuk matematika. Penelitian ini dituangkan ke dalam tesis yang berjudul “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika *Research Based Learning* dan Pengaruhnya terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif-Inovatif Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah *Rainbow antimagic coloring*”.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab rumusan masalah berikut:

- 1) Bagaimanakah proses pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *research based learning* dan pengaruhnya terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring* yang valid, efektif, dan praktis?
- 2) Bagaimanakah hasil pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *research based learning* dan pengaruhnya terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring* yang valid, efektif, dan praktis?
- 3) Adakah pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *research based learning* terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif dalam menyelesaikan masalah *rainbow coloring*?
- 4) Bagaimanakah potret fase keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*?
- 5) Bagaimanakah monograf berbasis *research based learning* dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1) Menelaah proses pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *research based learning* dan pengaruhnya terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring* yang valid, efektif, dan praktis.

- 2) Menghasilkan pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *research based learning* dan pengaruhnya terhadap keterampilan berpikir kreatif dan inovatif dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring* yang valid, efektif, dan praktis.
- 3) Menguji pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *research based learning* terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.
- 4) Mengetahui potret fase keterampilan berpikir kreatif-inovatif dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.
- 5) Mengetahui monograf berbasis *research based learning* dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif yang dapat digunakan dalam mengajar mata kuliah Kombinatorika.
- 2) Sebagai informasi bagi calon pendidik di tingkat perguruan tinggi mengenai perangkat pembelajaran *research based learning* sebagai media untuk menganalisis kemampuan berpikir kreatif - inovatif mahasiswa.
- 3) Bagi dosen, sebagai masukan dan acuan dalam menyusun dan mengembangkan perangkat pembelajaran matematika pada materi *rainbow antimagic coloring* dengan menggunakan model *research based learning*.

1.5 Spesifikasi Perangkat

Dalam penelitian ini, untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa dengan mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis *research based learning* yang meliputi:

- 1) Rencana Pembelajaran pada penelitian ini memiliki spesifikasi yang memuat komponen-komponen RBL.

- 2) LKM (Lembar Kerja Mahasiswa) pada penelitian ini memiliki spesifikasi yaitu LKM berisi permasalahan terkait dengan *rainbow antimagic coloring*, LKM memunculkan komponen-komponen RBL.
- 3) THB (Tes Hasil Belajar) pada penelitian ini mengacu pada tes akhir yang mengukur kemampuan keterampilan kreatif-inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.
- 4) Monograf pada penelitian ini merupakan hasil dari *research* yang telah dilakukan di kelas yang berisi topik tentang *rainbow antimagic coloring* dan beberapa hasil penelitian.

1.6 Kebaharuan Penelitian

Kebaharuan keterampilan ini adalah dikajinya keterampilan abad ke-21 yang merupakan isu modern dalam abad sekarang ini. Keterampilan abad ke-21 menuntut empat keterampilan yaitu *communication*, *collaboration*, *critical thinking and problem solving*, dan *creativity and innovation*. Dalam penelitian ini akan dikaji keterampilan kreatif-inovatif dalam menyelesaikan berbagai permasalahan yang dalam hal ini menyelesaikan masalah dalam matematika diskrit dengan materi *rainbow local edge antimagic connection*. Kajian ini sangat populer dalam kombinatorika dan mempunyai banyak aplikasi, sehingga analisis terhadap keterampilan 4Cs terutama keterampilan berpikir kreatif-inovatif sangat dibutuhkan untuk menumbuhkembangkan keterampilan yang disyaratkan dalam kehidupan di abad ke-21.

Untuk menganalisis keterampilan jenis ini, maka dalam hal ini dikembangkan beberapa perangkat pembelajaran yang berbasis *research based learning* yang dituangkan dalam produk LKM yang mampu merepresentasikan kebutuhan untuk meraih data tentang keterampilan 4Cs terutama keterampilan berfikir kreatif-inovatif. Model pembelajaran ini juga termasuk sangat baru dan sekarang sedang menjadi perhatian yang luas di tingkat perguruan tinggi. Kajian yang dipilih adalah *rainbow antimagic coloring* juga merupakan pengembangan dari *rainbow coloring*.

BAB 2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Perangkat Pembelajaran Matematika

2.1.1 Rencana Pembelajaran

Rencana Pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah Satuan Acara Perkuliahan (SAP). SAP diperlukan karena keberhasilan dalam proses belajar mengajar memerlukan adanya suatu ketetapan dan ketepatan dalam menentukan perangkat rencana dan pengaturan mengenai isi dan bahan pelajaran serta cara yang akan digunakan untuk mengajar sebagai pedoman dalam penyelenggaraan kegiatan belajar mengajar. Pengajaran akan berhasil apabila direncanakan terlebih dahulu dengan cermat, teliti, dan sistematis dari semua faktor-faktor yang terkait, yaitu tujuan belajar, siapa yang belajar, materi yang akan di bahas, bagaimana cara penyajiannya dan media penunjang yang akan digunakan, sumber belajar serta bagaimana cara mengevaluasinya.

SAP yang disusun, dirancang, dan dikembangkan mengacu pada model pembelajaran *research based learning*. SAP yang dikembangkan harus memuat bagian-bagian sebagai berikut: a) Mata kuliah yang diajarkan, b) Nomor Kode Mata kuliah, c) Bobot Mata kuliah, untuk dijabarkan dalam minggu, d) Tujuan kurikuler, untuk dijabarkan menjadi Tujuan Instruksional Umum (TIU) dan dijabarkan lagi menjadi Tujuan Instruksional Khusus (TIK), e) Deskripsi Mata kuliah, untuk dijabarkan menjadi Pokok Bahasan, f) Buku Sumber yang menunjang Pokok-pokok Bahasan.

2.1.2 Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) merupakan media yang membantu mahasiswa dalam memahami suatu konsep. Taufiq dkk. (2018) menjelaskan bahwa LKM merupakan suatu bahan ajar cetak berupa lembaran yang berisi petunjuk dan langkah-langkah untuk menyelesaikan tugas yang dikemas sedemikian rupa agar mahasiswa dapat mempelajari materi tersebut secara mandiri.

LKM yang disusun, dirancang, dan dikembangkan mengacu pada model pembelajaran *research based learning*. Dalam melaksanakan diskusi dalam pembelajaran, LKM digunakan sebagai media untuk dapat mengemukakan pendapat dalam bentuk tulisan oleh mahasiswa. Pembelajaran yang dilaksanakan dengan menggunakan LKM mengharuskan pendidik lebih berfungsi sebagai fasilitator, LKM memuat masalah-masalah berdasarkan kajian tertentu. Dengan demikian pendidik tidak perlu menjelaskan semua materi dan contoh-contoh soal secara mendetail kepada mahasiswa namun hanya berupa uraian singkat tentang materi pada kajian pembelajaran yang akan di sampaikan pada mahasiswa.

2.1.3 Tes Hasil Belajar (THB)

Sudijono (2011) mengemukakan bahwa tes hasil belajar adalah salah satu jenis tes yang digunakan untuk mengukur perkembangan atau kemajuan belajar peserta didik. Jadi tes hasil belajar adalah tes yang digunakan untuk mengukur penguasaan siswa terhadap materi yang telah diajarkan serta dapat mengukur perkembangan kemajuan belajar peserta didik.

Suwandi (2010) mengemukakan bahwa bentuk tes mengacu pada pengertian bentuk-bentuk pertanyaan, tugas, atau latihan yang harus dikerjakan oleh siswa. Bentuk tes yang digunakan di lembaga pendidikan ada 2 yaitu:

1. Tes Objektif

Sudijono (2011) menyatakan tes objektif adalah salah satu jenis tes hasil belajar yang terdiri dari butir-butir soal yang dapat dijawab oleh pengikut tes dengan jalan memilih salah satu (atau lebih) di antara beberapa kemungkinan jawaban yang telah dipasangkan pada masing-masing.

2. Tes Subjektif

Arikunto (2012) mengemukakan bahwa tes subjektif pada umumnya berbentuk esai (uraian). Tes esai adalah tes kemajuan belajar yang memerlukan jawaban yang bersifat pembahasan atau uraian kata-kata.

Arikunto (2012) menjelaskan macam-macam bentuk tes hasil belajar objektif yaitu:

1. Tes Benar-Salah (*True-False*)

Soal-soalnya berupa pernyataan-pernyataan. Pernyataan tersebut ada yang benar dan ada yang salah. Orang yang ditanya bertugas untuk menandai masing-masing pernyataan itu dengan melingkari huruf B jika pernyataan itu betul menurut pendapatnya dan melingkari huruf S jika pernyataannya salah.

2. Tes Pilihan Ganda (*Multiple Choice*)

Multiple choice test terdiri atas suatu keterangan atau pemberitahuan tentang suatu pengertian yang belum lengkap, dan untuk melengkapinya harus memilih satu dari beberapa kemungkinan jawaban yang telah disediakan.

3. Menjodohkan (*Matching Test*)

Matching test dapat kita ganti dengan istilah mempertandingkan, mencocokkan, memasangkan, atau menjodohkan. *Matching test* terdiri atas seri pertanyaan dan satu seri jawaban. Masing-masing pertanyaan mempunyai jawaban yang tercantum dalam seri jawaban.

4. Tes Isian/Melengkapi

Tes isian disebut juga tes menyempurnakan atau tes melengkapi. Tes isian terdiri atas kalimat-kalimat yang ada bagian- bagiannya yang dihilangkan. Bagian yang dihilangkan atau yang harus diisi oleh siswa ini adalah pengertian yang kita minta dari siswa.

2.2 Research Based Learning

2.2.1 Definisi *Research Based Learning*

Research based learning adalah model pembelajaran yang dikaitkan dengan kegiatan seperti menganalisis, mensintesis, dan mengevaluasi, dan memungkinkan peserta didik dan pengajar untuk meningkatkan asimilasi dan menerapkan pengetahuan mereka. Pembelajaran berbasis penelitian dilakukan di bawah konstruktivisme yang mencakup empat aspek: pembelajaran yang membangun pemahaman siswa, pembelajaran melalui pengembangan pengetahuan sebelumnya, pembelajaran yang melibatkan proses interaksi sosial, dan pembelajaran yang bermakna yang dicapai melalui pengalaman dunia nyata. Penelitian adalah sarana penting untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

Komponen penelitian meliputi latar belakang, prosedur, implementasi, hasil penelitian dan diskusi, dan publikasi hasil penelitian (Susiani dkk., 2018).

Pembelajaran berbasis penelitian adalah sistem pengajaran yang menggunakan pendekatan pembelajaran otentik, pembelajaran pemecahan masalah, pembelajaran kooperatif, langsung, dan penyelidikan inkuiri, yang dipandu oleh filosofi konstruktivis (Widayati dkk., 2010).

Menurut Dafik (2016) RBL merupakan metode pembelajaran yang menggunakan *contextual learning*, *authentic learning*, *problem-solving*, *cooperative learning*, *hands on & minds on learning*, dan *inquiry discovery approach*. Target dari penerapan RBL adalah mendorong terciptanya keterampilan berfikir tingkat tinggi pada diri dosen dan mahasiswa. Mahasiswa tidak hanya dijejali dengan informasi dan ilmu pengetahuan namun harus dibawa ke level yang tinggi yaitu *creating* atau *communicating*. Pencapaian sampai level ini dalam teori pembelajaran dikenal dengan tercapainya keterampilan berpikir tingkat tinggi yang diterjemahkan dari kalimat *Higher Order Thinking Skills* (HOTS).

Pembelajaran Berbasis Riset (PBR) adalah sistem pengajaran yang bersifat autentik *problem solving* dengan sudut pandang formulasi permasalahan, penyelesaian masalah, dan mengkomunikasikan manfaat hasil penelitian. Hal tersebut diyakini mampu meningkatkan mutu pembelajaran. PBR merupakan metode pembelajaran kooperatif, *problem-solving*, *authentic learning*, *contextual* dan *inquiry discovery approach* secara konstruktivisme dengan harapan mahasiswa dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis, menganalisis dan mengevaluasi suatu persoalan. Pembelajaran berbasis riset (PBR) merupakan salah satu metode *student-centered learning* (SCL) yang mengintegrasikan riset didalam proses pembelajaran (UGM, 2010).

Pembelajaran berbasis riset didasari filosofi konstruktivisme yang mencakup 4 aspek yaitu: (a) pembelajaran yang membangun pemahaman mahasiswa, (b) pembelajaran dengan mengembangkan pengetahuan sebelumnya (prior knowledge), (c) pembelajaran yang merupakan proses interaksi sosial dan

(d) pembelajaran bermakna yang dicapai melalui pengalaman nyata (Slameto, 2016).

2.2.2 Manfaat *Research Based Learning*

Penerapan PBR akan memberikan manfaat sebagai berikut: 1) Mendorong dosen untuk melakukan penelitian yang spesifik untuk kemudian memperbaharui keilmuannya dengan membaca dan memanfaatkan hasil penelitian orang lain sebagai bahan pembelajaran; 2) Mendorong peran peserta didik lebih aktif dalam proses pembelajaran, dan menjadi mitra aktif dosen dalam penelitian; 3) Mahasiswa terbiasa melakukan proses berfikir dengan pendekatan saintifik sehingga trampil mengidentifikasi persoalan serta memecahkannya dengan kaidah-kaidah ilmiah yang baik; 4) Mahasiswa memiliki kemandirian, logis, kritis, dan kreatif sehingga memberikan peluang tumbuhnya keterampilan berfikir tingkat tinggi pada diri mahasiswa; 5) Peserta didik dilatih memiliki etika, khususnya etika menjauhkan diri dari perilaku buruk seperti pelanggaran copyright dan plagiarisme; 6) Meningkatkan jumlah publikasi ilmiah perguruan tinggi yang bersumber dari kelompok penelitian atau kajian dosen sehingga jumlahnya meningkat (Dafik, 2016).

Manfaat PBR secara khusus adalah: (1) mahasiswa mengalami pengembangan dan peningkatan kapabilitas dan kompetensi yang lebih tinggi, termasuk: (a) kompetensi umum, misalnya berpikir secara kritis dan analitik, mengevaluasi informasi, dan pemecahan masalah (b) kompetensi dalam melaksanakan dan mengevaluasi penelitian yang sangat bermanfaat dan membantu dalam pengembangan profesional yang mengedepankan inovasi dan keunggulan. (2) mahasiswa memiliki motivasi belajar yang tinggi dan memiliki peluang untuk aktif di dalam proses pembelajaran yang berkaitan dengan dunia praktik kelak di kemudian hari. (3) mahasiswa terlatih dengan nilai-nilai disiplin, mendapatkan pengalaman praktik dan etika. (4). mahasiswa lebih memahami tentang betapa pentingnya nilai-nilai disiplin bagi masyarakat (Chrysty, 2013).

2.2.3 Tujuan *Research Based Learning*

Menurut Dafik (2016) tujuan terlaksananya PBR secara umum adalah sebagai berikut: 1) Meningkatkan kebermaknaan mata kuliah agar lebih bersifat kontekstual melalui memaparkan hasil-hasil penelitian; 2) Memperkuat kemampuan berpikir peserta didik sebagai peneliti; 3) Melengkapi pembelajaran melalui internalisasi nilai penelitian, praktik, dan etika penelitian dengan cara melibatkan penelitian; 4) Meningkatkan mutu penelitian di Perguruan Tinggi dan melibatkan peserta didik dalam kegiatan penelitian; 5) Meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang perkembangan suatu ilmu melalui penelitian yang berkelanjutan; 6) Meningkatkan pemahaman tentang peran penelitian dalam inovasi sehingga mendorong mahasiswa untuk selalu berpikir kreatif di masa datang; 7) Meningkatkan kualitas dan kemitakhiran pembelajaran secara umum.

2.2.4 Strategi Mewujudkan *Research Based Learning* dalam Mata Kuliah

Beberapa strategi dalam mengintegrasikan riset dalam pembelajaran diantaranya adalah (1) memperkaya bahan ajar dengan hasil penelitian dosen, (2) menggunakan temuan-temuan penelitian mutakhir dan melacak sejarah asal usul temuan tersebut, (3) memperkaya kegiatan pembelajaran dengan isu-isu penelitian kontemporer, (4) mengajarkan materi metodologi penelitian di dalam proses pembelajaran, (5) memperkaya proses pembelajaran dengan kegiatan penelitian dalam skala kecil, (6) memperkaya proses pembelajaran dengan melibatkan peserta didik dalam kegiatan, (7) menerapkan cooperative teaching and learning dalam pembelajaran dengan mendorong peserta didik aktif berinteraksi, dan (8) memperkaya proses pembelajaran dengan nilai-nilai yang harus dimiliki oleh peneliti (Dafik, 2016).

Menurut Griffith University (2008) dalam Widayati (2010), beberapa strategi dalam memadukan pembelajaran dan riset yang secara empirik dikembangkan meliputi: (1) memperkaya bahan ajar dengan hasil penelitian dosen. Pada proses pembelajaran ini hasil penelitian dosen digunakan untuk memperkaya bahan ajar. Dosen dapat memaparkan hasil penelitiannya sebagai contoh nyata dalam perkuliahan, yang diharapkan dapat berfungsi membantu

mahasiswa dalam memahami ide, konsep, dan teori penelitian, (2) menggunakan temuan-temuan penelitiandan melacak sejarah ditemukannya perkembangan tersebut. Pada proses pembelajaran ini, temuantemuan penelitian yang diperoleh dari pustaka didiskusikan untuk mendukung materi pokok bahasan yang sesuai. (3) Memperkaya kegiatan pembelajaran dengan isu-isu penelitian. Pada proses pembelajaran ini dapat dimulai dengan meminta mahasiswa menyampaikan isuisu penelitian yang ada pada saat ini, yang sesuai dengan pokok bahasan. Selanjutnya mahasiswa diminta mendiskusikan penerapan isu penelitian tersebut untuk penyelesaian problem nyata dalam kehidupan.

Strategi ini dapat diperkaya dengan berbagai cara misalnya: (a) Dengan membandingkan laporan hasil penelitian dan laporan pemberitaan yang terjadi di masyarakat. (b) Melakukan analisis tentang metodologi penelitian serta argumentasi yang berkaitan dengan temuan penelitian tersebut yang dikemukakan dalam jurnal penelitian. (c) Melakukan studi literatur tentang perkembangan pengetahuan terkini yang sesuai dengan pokok bahasan. (4) Mengajarkan materi metodologi penelitian di dalam proses pembelajaran. Strategi ini dapat diterapkan dengan melakukan tahapan berikut: (a) Meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang metodologi penelitian. (b) Merancang materi ajar dengan menyertakan metodologi penelitian pada pokok bahasan tersebut, sehingga mahasiswa dapat menerapkannya untuk menyelesaikan problem penelitian yang nyata. (c) Merancang materi ajar dengan berbagai metodologi penelitian yang berkaitan dengan beberapa isu penelitian mutakhir, sehingga mahasiswa dapat belajar melakukan evaluasi terhadap isu penelitian tersebut. (5) Memperkaya proses pembelajaran dengan kegiatan penelitian dalam skala kecil. Pada proses pembelajaran ini, kelompok mahasiswa diberi tugas melakukan penelitian bersama. Dengan demikian mahasiswa dapat meningkatkan ketrampilan dan pengetahuan dari kegiatan tersebut. Dengan kegiatan ini budaya penelitian dapat lebih terbangun dibandingkan dengan bila penelitian tersebut diselenggarakan secara individual.

Selanjutnya dapat dikembangkan kegiatan berikut misalnya: (a) Mahasiswa diminta untuk melakukan analisis data dari kegiatan penelitian yang telah

dilakukan, (b) Dosen memberikan beberapa pertanyaan sehingga mahasiswa perlu melakukan studi literatur, menentukan metodologi penelitian, mengumpulkan data, menuliskan hasil analisis, dan mengemukakan simpulan dari suatu kegiatan penelitian. (6) Memperkaya proses pembelajaran dengan melibatkan mahasiswa dalam kegiatan penelitian. Pada kegiatan ini PBR dapat dilakukan dengan caramelibatkan mahasiswa dalam kegiatan penelitian dan melakukan kunjungan ke perpustakaan untuk mengkaji hasil penelitian yang berhubungan dengan pokok bahasan yang dibahas. (7) Memperkaya proses pembelajaran dengan mendorong mahasiswa agar merasa menjadi bagian dari budaya penelitian di fakultas/jurusan. Pada strategi ini diusahakan agar mahasiswa merasa sebagai bagian dari budaya penelitian di bagian atau fakultas yang bersangkutan. Dalam rangka itu maka beberapa hal dapat dilakukan: (a) Memberikan informasi pada mahasiswa tentang kegiatan penelitian dan keunggulan penelitian dosen di jurusan atau fakultas yang bersangkutan. (b) Mengadakan kuliah umum oleh pakar atau staf dari institusi lain, untuk menyampaikan capaian penelitiannya sebagai referensi langsung bagi mahasiswa. (c) Mendorong mahasiswa untuk berpartisipasi pada kegiatan seminar penelitian baik sebagai peserta, penyaji makalah, ataupun sebagai penyelenggara seminar tersebut. (8) Memperkaya proses pembelajaran dengan nilai-nilai yang harus dimiliki oleh peneliti. Nilai-nilai yang harus dimiliki oleh peneliti seharusnya perlu dipahami oleh mahasiswa. Nilai-nilai tersebut antara lain: objektivitas, penghargaan akan temuan penelitian, respek pada pandangan lain, toleransi terhadap ketidakpastian, dan kemampuan analisis.

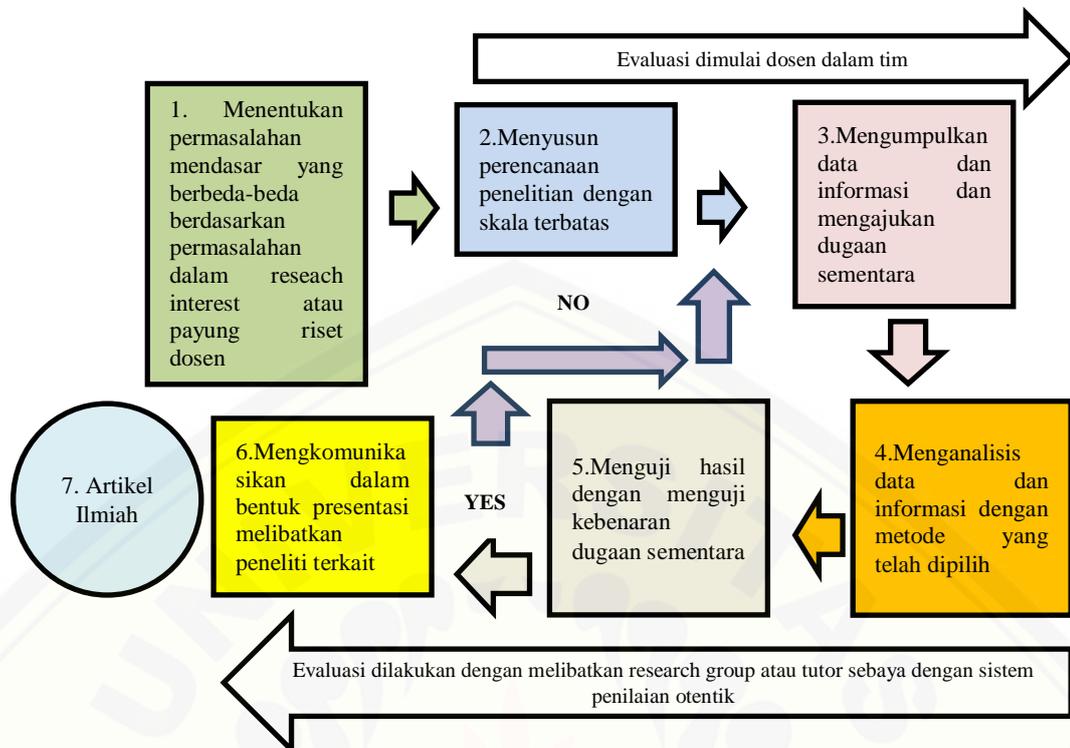
2.2.5 Sintaksis Penerapan *Research Based Learning* dalam Perkuliahan

Menurut Dafik (2016) tahapan pelaksanaan PBR dalam perkuliahan sebagai berikut:

- 1) Kembangkan kelompok kajian atau research group yang beranggotakan minimal tiga orang dosen di level prodi, jurusan, fakultas atau lintas fakultas.
- 2) Petakan beberapa mata kuliah yang relevan dengan kelompok kajian atau research group ini, kemudian kembangkan Silabus, RPS, RTM, LKM dan Kontrak perkuliahan bersama untuk menerapkan PBR dalam pembelajaran.

- 3) Terapkan 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.
- 4) Setiap kelompok mengembangkan laporan, slide presentasi dan artikel untuk kemungkinan publikasi dalam skala lokal.
- 5) 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 tesis.

Secara umum tahapan yang harus dilakukan dalam penerapan *Research Based Learning*:



Gambar 2. 1 Bagan tahapan pelaksanaan pembelajaran berbasis riset

Langkah yang dipaparkan oleh Dafik sejalan dengan yang dikemukakan oleh Peter Tremp. Menurut Peter Tremp (2010) tahapan RBL pada pembelajaran meliputi tujuh tahapan dan diuraikan pada tabel 2.1 :

Tabel 2. 1 Tahapan RBL menurut Peter Tremp

No.	Fase	Kegiatan
1	<i>Formulating a general question</i>	Memberikan formula berupa suatu permasalahan atau topik
2	<i>Overview of research-literature</i>	Mengkaji refrensi materi dari berbagai literatur
3	<i>Defining the question</i>	Merumuskan hipotesis
4	<i>Planning research activities,clarifying methods/ methodologies</i>	Menentukan metode penelitian
5	<i>Undertaking investigation, analyzing data</i>	Melakukan observasi untuk memperoleh data dan menganalisis data tersebut
6	<i>Interpretation and consideration of results</i>	Analisis data dan mempertimbangkannya melalui diskusi kelompok
7	<i>Report and presentation of result</i>	Membuat laporan dan mempresentasikannya

Penelitian ini menggunakan tahapan Research Based Learning menurut Peter Tremp (2010) yang selaras dengan tahapan Research based Learning menurut Dafik (2016) yang meliputi tujuh tahapan.

2.3 Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif

2.3.1 Definisi Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia berfikir adalah menggunakan akal budi untuk mempertimbangkan, memutuskan sesuatu. Meyer (dalam Lince, 2016) mengklasifikasikan berfikir menjadi tiga komponen utama, yaitu (1) berfikir adalah aktivitas kognitif yang terjadi di dalam mental atau pikiran seseorang, tidak terlihat, namun dapat disimpulkan berdasarkan perilaku yang diamati, (2) berfikir adalah proses yang melibatkan banyak manipulasi pengetahuan dalam sistem kognitif. Pengetahuan tersimpan dalam memori bersama dengan informasi sekarang, sehingga mengubah pengetahuan seseorang tentang situasi yang dihadapi, dan (3) aktivitas berfikir diarahkan untuk menghasilkan solusi atas masalah.

Kemampuan berpikir kreatif merupakan kemampuan seseorang untuk melahirkan sesuatu yang baru, baik berupa gagasan maupun karya nyata yang relatif berbeda dengan yang telah ada sebelumnya. Selain itu, kemampuan berpikir kreatif menurut Johnson (dalam Fajarwati, 2011) adalah kemampuan dimana siswa menghasilkan ide-ide yang baru yang dihasilkan dari pemahaman-pemahaman baru. Maka siswa yang memiliki kemampuan berpikir kreatif akan mampu mencari solusi dengan cara yang baru (Hendriana, dkk., 2016). Menurut (Asep, 2012) kreatif adalah kemampuan berfikir untuk mencapai produk yang beragam dan baru yang dapat dilaksanakan, baik dalam bidang keilmuan, seni, sastra, maupun bidang lainnya dari bidang-bidang kehidupan yang banyak dimana hasil produk yang di senangi masyarakat atau diterima sebagai suatu yang bermanfaat.

Berpikir sebagai suatu kemampuan mental seseorang dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain berpikir logis, analitis, sistematis, kritis, dan kreatif. Kreativitas telah dianggap sebagai karakteristik individu yang terkait dengan gagasan baru yang mungkin muncul dalam bentuk produk nyata dan dalam kerangka berpikir seseorang. Krulik & Rudnick (dalam Siswono, 2010) menjelaskan berpikir kreatif merupakan pemikiran yang bersifat asli, reflektif, dan menghasilkan suatu produk yang kompleks. Sedangkan Munandar (dalam Happy

dan Listyani, 2011) menjelaskan berfikir kreatif adalah kemampuan untuk menemukan banyak kemungkinan jawaban atas suatu masalah, di mana penekanannya adalah pada kuantitas, efisiensi dan keragaman jawaban berdasarkan data atau informasi yang ada.

Dari definisi berfikir kreatif di atas dapat disimpulkan bahwa berfikir kreatif adalah suatu kemampuan mental seseorang yang meliputi ide-ide atau gagasan-gagasan yang dapat dipadukan dan dikembangkan sehingga dapat menciptakan suatu produk yang baru dan bermanfaat bagi diri dan lingkungannya, kreatif muncul karena adanya motivasi yang kuat dari diri seseorang yang bersangkutan. dengan menggunakan akal budinya yang bersifat asli, reflektif, imajinatif, memiliki ketertarikan yang luas, mandiri dalam pemikiran, penuh percaya diri dalam mengambil risiko untuk menciptakan ide baru atau menghasilkan cara-cara baru dalam memandang dan menemukan banyak kemungkinan jawaban dari suatu masalah atau situasi yang dihadapi.

Istilah *creativity and innovation* sering digunakan untuk merujuk pada ide baru, atau penggunaan ide baru untuk menambah nilai sosial atau ekonomi (IBSA, 2009). Menurut P21 (2007) persaingan global dan tugas otomatisasi, kapasitas inovatif dan semangat kreatif yang cepat menjadi persyaratan untuk kesuksesan pribadi dan profesional. Perekonomian saat ini dipicu oleh informasi dan didorong oleh teknologi digital kreativitas dan inovasi adalah pendorong utama dalam ekonomi global (P21, 2014). Oleh karena itu keterampilan berpikir kreatif dan inovatif penting diajarkan untuk siswa di abad 21.

2.3.2 Karakteristik dan Indikator Berpikir Kreatif dan Inovatif

Pada saat ini kemampuan berpikir kreatif sangat perlu ditingkatkan, mengingat pentingnya kemampuan tersebut. Pada dasarnya kemampuan berpikir kreatif mempunyai karakteristik dan indikator-indikator. Indikator-indikator tersebut dapat digunakan untuk menentukan bagaimana seseorang tersebut berpikir kreatif.

Berpikir kreatif mempunyai beberapa karakteristik, dimana tiap karakteristik mempunyai arti dan makna tersendiri untuk mengetahui informasi

dari berpikir kreatif. Munandar (dalam Lince, 2016) mendeskripsikan karakteristik berfikir kreatif menjadi empat macam sebagai berikut: (1) kemampuan berpikir kelancaran (*fluency*), mencakup kemampuan untuk memicu gagasan, memecahkan masalah dan memberikan jawaban atas suatu masalah, memberikan banyak contoh atau pernyataan yang berkaitan dengan konsep tersebut dalam situasi tertentu, (2) kemampuan berpikir fleksibel (*flexibility*), mencakup kemampuan untuk menghasilkan ide, memberikan jawaban bervariasi, menggunakan berbagai strategi penyelesaian, memberikan contoh yang berkaitan dengan konsep dan untuk menemukan solusi alternatif yang berbeda, (3) keterampilan berpikir orisinalitas (*originality*), mencakup kemampuan untuk melahirkan ungkapan baru, pemikiran unik dan tidak ortodoks tentang cara mengungkapkan pernyataan yang baru, unik atau tidak biasa, (4) keterampilan merinci (*elaborasi*), mencakup kemampuan untuk menjelaskan secara rinci, memperkaya dan mengembangkan gagasan atau produk, menambah atau merinci secara detail situasi sehingga menjadi lebih menarik, atau menjawab situasi matematis tertentu. Kemampuan berpikir kreatif menekankan pada beberapa indikator. Siswono (2006) ada tiga indikator berpikir kreatif yaitu kefasihan, fleksibilitas, dan kebaruan. Kemampuan berpikir kreatif dalam pelajaran matematika menurut Silver (dalam Siswono, 2007) dilakukan dengan menggunakan *The Torrance Tests of Creative Thinking* (TTCT). Tiga komponen kunci yang dinilai dalam menggunakan TTCT adalah kefasihan (*fluency*), fleksibilitas (*flexibility*), dan kebaruan (*novelty*).

Selain indikator kemampuan berfikir kreatif dan inovatif diatas, berikut terdapat indikator Tingkat Kemampuan Berpikir Kreatif dan Inovatif menurut Siswono (2011).

Tabel 2. 2 Tingkat Kemampuan Berpikir Kreatif

TKBK	Indikator
Tingkat 0 (Tidak Kreatif)	Peserta didik tidak mampu menunjukkan kefasihan, fleksibilitas dan kebaruan dalam memecahkan masalah.
Tingkat 1 (Kurang Kreatif)	Peserta didik hanya mampu menunjukkan kefasihan dalam memecahkan masalah.

TKBK	Indikator
Tingkat 2 (Cukup Kreatif)	Peserta didik mampu menunjukkan kebaruan atau fleksibilitas dalam memecahkan masalah.
Tingkat 3 (Kreatif)	Peserta didik mampu menunjukkan kefasihan dan kebaruan atau kefasihan dan fleksibilitas dalam memecahkan masalah.
Tingkat 4 (Sangat Kreatif)	Peserta didik mampu menunjukkan kefasihan, fleksibilitas, dan kebaruan atau kebaruan dan fleksibilitas dalam memecahkan masalah.

Adapun karakteristik dan indikator dari kreativitas dan inovasi menurut (Anonimus, 2015) adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Karakteristik dan Indikator berpikir kreatif dan inovatif

No.	Karakteristik	Indikator
1.	Berpikir kreatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan cakupan yang luas untuk mengkreasi ide seperti adu argumen 2. Mengkreasi sesuatu yang baru yang berguna baik konsep biasa maupun luar biasa 3. Mengolaborasi ide-ide mereka untuk meningkatkan hasil-hasil kreatif 4. Menghaluskan ide-ide mereka untuk meningkatkan hasil-hasil kreatif 5. Menganalisis ide-ide mereka untuk meningkatkan hasil-hasil kreatif 6. Mengevaluasi ide-ide untuk mengungkapkan hasil-hasil kreatif
2.	Bekerja secara kreatif bersama yang lain	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengembangkan dan mengimplementasikan serta mengkomunikasikan ide baru terhadap yang lain 2. Terbuka, respon terhadap sesuatu yang baru dan berbeda 3. Bekerja secara intensif dalam kelompok, dan memberikan masukan terhadap hasil pekerjaan 4. Mendemonstrasikan kebaruan termasuk kecanggihan di dalam bekerja dan mengerti batasan-batasan aplikasi terhadap pengadopsian ide-ide baru 5. Memandang kegagalan sebagai peluang untuk mempelajari sesuatu 6. Mengerti bahwa kreativitas dan inovasi

No.	Karakteristik	Indikator
3.	Implementasi inovasi	<p>sesuatu yang berjangka panjang</p> <p>1. Bekerja dalam ide yang kreatif untuk membuat sesuatu yang nyata dan berguna ke dalam sebuah kajian dimana inovasi itu akan terjadi</p>

Berdasarkan uraian mengenai karakteristik dan indikator berpikir kreatif dan inovatif di atas dapat dirumuskan indikator-indikator yang akan digunakan dalam penelitian ini dengan pengembangan indikator tersebut sesuai dengan materi *rainbow antimagic coloring*.

Tabel 2. 4 Pengembangan Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif

Faktor	Indikator	Pengembangan Indikator berdasarkan materi <i>Rainbow antimagic coloring</i>
Berpikir kreatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan cakupan yang luas untuk mengkreasi ide seperti adu argumen 2. Mengkreasi sesuatu yang baru yang berguna baik konsep biasa maupun luar biasa 3. Mengolaborasi ide-ide mereka untuk meningkatkan hasil-hasil kreatif 	<p>Mencari kardinalitas sebuah graf</p> <p>Memberi warna sisi pada sebuah graf sederhana dengan berbagai macam cara guna mencari banyaknya warna minimal yang diperlukan</p> <p>Memberi warna sisi pada sebuah graf sederhana dengan konsep <i>rainbow coloring</i></p>
Bekerja secara kreatif bersama orang lain	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengembangkan dan mengimplementasikan serta mengkomunikasikan ide baru terhadap yang lain 2. Terbuka, respon terhadap sesuatu yang baru dan berbeda 3. Bekerja secara intensif dalam kelompok, dan memberikan masukan terhadap hasil pekerjaan 	<p>Mencari warna minimal yang diperlukan berdasarkan konsep <i>rainbow coloring</i></p> <p>Memberi warna sisi pada sebuah graf sederhana dengan konsep <i>rainbow coloring</i></p> <p>Menerapkan konsep <i>rainbow antimagic coloring</i> dalam pewarnaan graf</p>

Faktor	Indikator	Pengembangan Indikator berdasarkan materi <i>Rainbow antimagic coloring</i>
Implementasi inovasi	1. Bekerja dalam ide yang kreatif untuk membuat sesuatu yang nyata dan berguna ke dalam sebuah kajian dimana inovasi itu akan terjadi	Mencari warna minimal yang diperlukan untuk mewarnai sebuah graf dengan konsep <i>rainbow antimagic coloring</i>

Penelitian ini menggunakan indikator berpikir kreatif dan inovatif menurut P21 yang meliputi tiga aspek yakni berpikir kreatif, bekerja kreatif bersama orang lain, dan implementasi inovasi.

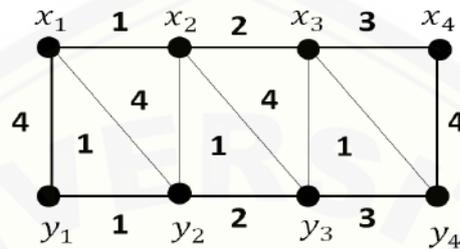
2.4 *Rainbow Coloring*

Matematika diskrit adalah cabang matematika yang mengkaji model-model fenomena dalam kehidupan sehari-hari dengan domain yang tidak berkesinambungan. Domain matematika diskrit biasanya berupa bilangan bulat atau bilangan rasional namun bukan merupakan bilangan real atau imajiner. Dalam matematika diskrit terdapat kajian yang paling banyak aplikasinya yaitu *Graph Theory* (Dafik, 2015).

Dalam merepresentasikan visual dari suatu graf yaitu dengan menyatakan objek dengan simpul, noktah, bulatan, titik, atau *vertex*, sedangkan hubungan antara objek dinyatakan dengan garis atau *edge*. Secara umum, graf adalah pasangan himpunan (V, E) di mana V adalah himpunan tidak kosong dari simpul simpul (*vertex* atau *node*) dan E adalah himpunan sisi (*edges* atau *arcs*) yang menghubungkan sepasang simpul pada graf tersebut.

Misalkan G adalah graf terhubung tak-trivial dan didefinisikan pewarnaan sisi $c : E(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$, $k \in \mathbb{N}$, sedemikian sehingga dua sisi yang bertetangga boleh memiliki warna yang sama. Suatu $u - v$ path P di G dikatakan *rainbow path* jika tidak ada dua sisi di P yang memiliki warna sama. Graf G dikatakan *rainbow connected* jika setiap dua titik yang berbeda di G dihubungkan oleh *rainbow path*. Pewarnaan sisi yang menyebabkan G bersifat *rainbow connected* dikatakan *rainbow coloring*. Jelas, jika G adalah *rainbow connected*,

maka G terhubung. Sebaliknya, setiap graf terhubung memiliki pewarnaan sisi trivial sehingga *rainbow connected* memiliki pewarnaan sisi dengan warna berbeda. *Rainbow connection number* dari graf terhubung G , ditulis $rc(G)$, didefinisikan sebagai banyaknya warna minimal yang diperlukan untuk membuat graf G bersifat *rainbow connected* (Chartrand, 2006).



Gambar 2. 2 Gambar graf dengan rainbow coloring

Untuk mengilustrasikan teori di atas diberikan sebuah contoh graf triangular ladder dengan $n = 4$. Dalam Gambar 2.2 terlihat pewarnaan sisi yang dilakukan berdasarkan *rainbow coloring*. Dalam pewarnaan tersebut menghasilkan 4 buah warna yang berbeda.

2.5 Antimagic Labeling

Misalkan $G(V, E)$ graf dengan himpunan titik V dan himpunan sisi E , dan misalkan w adalah bobot sisi dari graf G . Didefinisikan fungsi bijektif $f: V(G) \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, |V(G)|\}$ disebut pelabelan *local edge* jika untuk setiap sisi e_1 dan e_2 yang bertetangga, $w(e_1) \neq w(e_2)$, dimana untuk $e = uv \in G$, $w(e) = f(u) + f(v)$. Diketahui bahwa setiap bobot $w(e)$ pada pelabelan *local edge antimagic* dijadikan pewarnaan sisi graf G . Pewarnaan sisi berdasarkan *local edge antimagic* disebut *local edge antimagic coloring* (Agustin, 2017).

2.6 Rainbow Antimagic Coloring

Misalkan G adalah graf terhubung tak-trivial dan didefinisikan pewarnaan sisi $c: E(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$, $k \in \mathbb{N}$, sedemikian sehingga dua sisi yang bertetangga boleh memiliki warna yang sama. Suatu $u - v$ path P di G dikatakan *rainbow path* jika tidak ada dua sisi di P yang memiliki warna sama. Graf G

dikatakan *rainbow connected* jika setiap dua titik yang berbeda di G dihubungkan oleh *rainbow path*. Pewarnaan sisi yang menyebabkan G bersifat *rainbow connected* dikatakan *rainbow coloring*. Jelas, jika G adalah *rainbow connected*, maka G terhubung. Sebaliknya, setiap graf terhubung memiliki pewarnaan sisi trivial sehingga *rainbow connected* memiliki pewarnaan sisi dengan warna berbeda. *Rainbow connection number* dari graf terhubung G , ditulis $rc(G)$, didefinisikan sebagai banyaknya warna minimal yang diperlukan untuk membuat graf G bersifat *rainbow connected*.

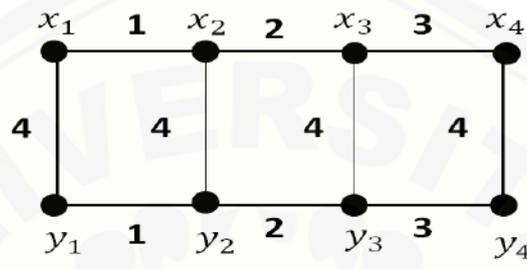
Misalkan $G(V, E)$ graf dengan himpunan titik V dan himpunan sisi E , dan misalkan w adalah bobot sisi dari graf G . Didefinisikan fungsi bijektif $f: V(G) \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, |V(G)|\}$ disebut pelabelan *local edge* jika untuk setiap sisi e_1 dan e_2 yang bertetangga, $w(e_1) \neq w(e_2)$, dimana untuk $e = uv \in G$, $w(e) = f(u) + f(v)$. Diketahui bahwa setiap bobot $w(e)$ pada pelabelan *local edge antimagic* dijadikan pewarnaan sisi graf G . Pewarnaan sisi berdasarkan *local edge antimagic* disebut *local edge antimagic coloring*. Ketika bobot sisi $w(e) = f(u) + f(v)$ menjadi warna disetiap sisi dan selalu ada *rainbow path* diantara kedua sebarang titik dalam graf tersebut, pewarnaan sisi disebut *rainbow antimagic coloring*. *Rainbow local edge antimagic connection number* dari graf terhubung G , ditulis $rc_{la}(G)$, didefinisikan sebagai banyaknya warna minimal yang diperlukan untuk membuat graf G bersifat *rainbow connected* dengan aturan bobot sisi $w(e) = f(u) + f(v)$ dijadikan warna sisi untuk setiap sisi dalam G .

2.7 Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif pada Materi *Rainbow antimagic coloring*.

Pengembangan adalah proses, cara, perbuatan mengembangkan; upaya meningkatkan mutu agar dapat dipakai untuk berbagai keperluan dalam kehidupan masyarakat. Perangkat pembelajaran yang dimaksud adalah Silabus, Rencana Pembelajaran Semester (RPS), dan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM).

Pada Materi *rainbow antimagic coloring*, langkah pertama yang harus dilakukan mahasiswa adalah menentukan *rainbow coloring* pada suatu graf. Suatu

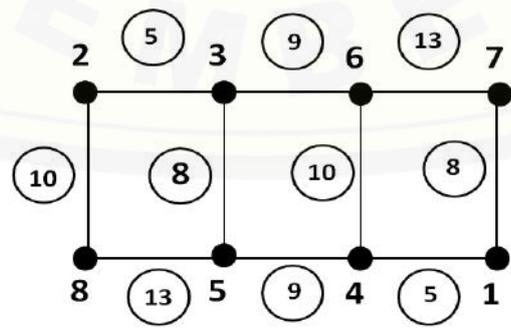
graf dikatakan *rainbow connected* jika terdapat *rainbow path* pada setiap sepasang titik yang tidak bertetangga. Jika suatu graf *rainbow connected* maka dapat dikatakan graf tersebut diwarnai berdasarkan *rainbow coloring*. Setelah mahasiswa menentukan *rainbow coloring* pada suatu graf, mahasiswa dapat mencari banyaknya warna minimal yang membuat graf tersebut *rainbow coloring* yang biasa disebut *rainbow connection number* atau $rc(G)$.



Gambar 2. 3 Gambar graf dengan pewarnaan rainbow dan $rc(G)=4$

Berikutnya mahasiswa harus memberi label pada setiap titik pada graf. Setelah seluruh titik diberi label, dihitung bobot sisi dengan cara menjumlahkan bilangan pada label untuk setiap dua titik yang dihubungkan dengan sebuah sisi. Kemudian diperiksa apakah graf tersebut *local edge antimagic coloring* atau tidak dengan syarat setiap sisi yang bertetangga tidak boleh memiliki bobot yang sama.

Langkah selanjutnya adalah dengan memeriksa apakah graf yang sudah diwarnai dengan *local edge antimagic* tadi bersifat *rainbow connected*. Jika iya maka graf tersebut sudah diwarnai berdasarkan *rainbow antimagic coloring*. Selanjutnya akan dicari warna minimal yang digunakan untuk membuat graf tersebut *rainbow antimagic coloring* atau $rc_{la}(G)$.



Gambar 2. 4 Graf dengan pewarnaan *rainbow local edge antimagic* dengan $rc_{la}(G) = 6$

2.8 Tinjauan Peneliti Terdahulu

Penelitian yang membahas tentang *Research Based Learning*, berpikir kreatif dan inovatif secara luas telah banyak diteliti. Namun tidak ada yang sama persis dengan penelitian yang akan dilaksanakan oleh peneliti. Berikut disajikan beberapa artikel atau jurnal yang membahas tentang *Research Based Learning* serta perbandingannya dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti.

Penelitian yang dilakukan Syaibani (2017) membahas tentang pengembangan perangkat dengan menggunakan metode *research based learning* untuk menganalisis kemampuan berfikir kreatif mahasiswa pada materi *rainbow connection*, sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui proses dan hasil pengembangan perangkat pembelajaran yang dikembangkan ini. Jenis penelitian ini termasuk penelitian pengembangan menggunakan model 4-D yang sudah dimodifikasi yaitu tahap pendefinisian, tahap perancangan, tahap pengembangan, dan tahap penyebaran. Dalam penelitian ini produk yang dikembangkan meliputi Rencana Pembelajaran, LKM, dan Tes Aktivitas Riset.

Berdasarkan hasil validasi, perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori valid ditunjukkan dengan koefisien validitas Modul Pembelajaran sebesar 3,7, Lembar Kerja Mahasiswa sebesar 3,65 dan Tes Aktivitas Riset sebesar 3,78 dengan demikian perangkat pembelajaran dikatakan valid. Sedangkan hasil uji coba lapangan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan memenuhi kriteria praktis dan efektif. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas dosen, pada pertemuan pertama 90% dengan kategori baik, pada pertemuan kedua sebesar 85% dengan kategori baik, dan pada pertemuan ketiga sebesar 90% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan perangkat pembelajaran dapat dikatakan praktis karena persentase aktivitas dosen mencapai $\geq 80\%$. Hasil penilaian TAR pada kelas A terdapat 30 mahasiswa dengan nilai di atas 80 dan 4 mahasiswa dengan nilai di bawah 80, sedangkan di kelas C terdapat 22 mahasiswa dengan nilai di atas 80 dan 8 mahasiswa dengan nilai di bawah 80. Hal ini berarti 88,23% mahasiswa kelas A telah tuntas hasil belajarnya, sedangkan di kelas C terdapat 73,33. Hasil ini sudah memenuhi target

yang diharapkan oleh peneliti. Dari hasil analisis respon mahasiswa yang memberi respon positif mencapai 92,75%. Artinya secara umum mahasiswa telah menunjukkan respon baik terhadap proses pembelajaran dan penggunaan perangkat.

Berdasarkan hasil validasi dan uji coba lapangan, perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan memenuhi kriteria kualitas pengembangan yaitu valid, praktis, dan efektif sehingga perangkat pembelajaran ini dapat dikatakan baik. Sehingga dosen pengampu matakuliah pemodelan atau graf dapat menggunakan perangkat pembelajaran ini.

Penelitian yang dilakukan Yudha (2018) membahas tentang pengembangan perangkat dengan menggunakan metode Research Based Learning untuk menganalisis kemampuan berfikir kreatif dan inovatif mahasiswa pada materi locating dominating set, sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui proses dan hasil pengembangan perangkat pembelajaran yang dikembangkan ini. Jenis penelitian ini termasuk penelitian pengembangan menggunakan model 4-D yang sudah dimodifikasi yaitu tahap pendefinisian, tahap perancangan, tahap pengembangan, dan tahap penyebaran.

Berdasarkan hasil validasi, perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori valid ditunjukkan dengan koefisien validitas Silabus 3,92, Rencana Pembelajaran Semester (RPS) 3,62, Rancangan Tugas Mahasiswa (RTM) 4, Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) sebesar 3,65 dan Tes Aktivitas Riset (TAR) sebesar 3,46 dengan demikian perangkat pembelajaran dikatakan valid. Sedangkan hasil uji coba lapangan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan memenuhi kriteria praktis dan efektif. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas dosen, pada pertemuan pertama 95,85% dengan kategori baik, pada pertemuan kedua sebesar 95,05% dengan kategori baik, dan pada pertemuan ketiga sebesar 95,05% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan perangkat pembelajaran dapat dikatakan praktis karena persentase aktivitas dosen mencapai $\geq 80\%$.

Hasil penilaian Tes Aktivitas Riset (TAR) pada kelas pemodelan terdapat 14 mahasiswa dominan ke indikator *think creatively*, 6 mahasiswa *work creatively with other*, dan 14 mahasiswa *implement innovation*. Selain itu juga terdapat mahasiswa yang memperoleh skor Tes Berfikir Kreatif (TBK) 3 ada 4 mahasiswa dan TBK 4 diperoleh 30 mahasiswa. Hal ini menunjukkan bahwa pada Tes aktivitas riset tersebut, mahasiswa sangat kreatif dan inovatif dalam menyelesaikan masalah tentang *locating dominating set*.

Dari hasil analisis respon mahasiswa yang memberi respon positif mencapai 84%. Artinya secara umum mahasiswa telah menunjukkan respon baik terhadap proses pembelajaran dan penggunaan perangkat. Hasil validasi dan uji coba lapangan, perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan memenuhi kriteria kualitas pengembangan yaitu valid, praktis, dan efektif sehingga perangkat pembelajaran ini dapat dikatakan baik. Sehingga dosen pengampu matakuliah pemodelan atau grap dapat menggunakan perangkat pembelajaran ini. Hasil t-test juga didapatkan bahwa pembelajaran menggunakan research based learning lebih unggul dari pada pembelajaran biasa.

Penelitian yang dilakukan Wardhani (2019) membahas tentang pengembangan perangkat dengan menggunakan metode research based learning untuk menganalisis keterampilan berpikir conjecturing mahasiswa pada materi local antimagic vertex dynamic coloring. Berdasarkan proses dan hasil pengembangan perangkat pembelajaran dengan model research based learning untuk mengukur keterampilan conjecturing mahasiswa pada kajian local antimagic vertex dynamic coloring dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Perangkat yang dikembangkan memenuhi kategori valid ditunjukkan dengan koefisien validitas rencana pembelajaran 3,79, LKM sebesar 3,83 dan tes akhir riser sebesar 3,83 dengan demikian perangkat dikatakan valid. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas dosen, aktivitas dosen pada pertemuan pertama 3,58 dengan persentase 89,62% baik, pada pertemuan kedua mencapai 3,78 dengan persentase 94,5% dengan kategori baik dan pada pertemuan ketiga mencapai 3,5

dengan persentase 87,5% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan perangkat pembelajaran dapat dikatakan praktis karena persentase aktivitas dosen mencapai $\geq 80\%$. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori efektif berdasarkan persentase aktivitas mahasiswa, hasil penilaian pos-tes, dan hasil respon mahasiswa menunjukkan kategori baik. Persentase aktivitas mahasiswa pada pertemuan pertama mencapai 3,625 dengan persentase 90,62% dengan kategori baik, pada pertemuan kedua mencapai 3,325 dengan persentase 83,13% dengan kategori baik dan pada pertemuan ketiga mencapai 3,68 dengan persentase 92% dengan kategori baik. Dalam hal ini menunjukkan mahasiswa aktif mengikuti kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model research based learning. Hasil tes akhir riset pada kelas eksperimen yang telah diterapkan pembelajaran model research based learning memperoleh hasil 23% mahasiswa berada pada kategori sangat kreatif, 47% mahasiswa pada kategori kreatif, 21% mahasiswa pada kategori cukup kreatif dan 9% mahasiswa pada kategori tidak kreatif. Berdasarkan hasil analisis keterampilan conjecturing mahasiswa melalui post tes diperoleh data keseluruhan tingkat keterampilan conjecturing mahasiswa di kelas kontrol sebanyak 25 mahasiswa memperoleh nilai diatas 70 dan 80 memperoleh nilai dibawah 18. Hal ini berarti 55% mahasiswa dikelas kontrol telah memenuhi kriteria ketuntasan belajar. Sedangkan dikelas eksperimen terdapat 31 mahasiswa memperoleh nilai diatas 70 dan 13 memperoleh nilai dibawah 80. Maka 72 % mahasiswa dikelas kontrol telah memenuhi kriteria ketuntasan.

2.9 Hipotesis Tindakan

Berdasarkan beberapa teori pendukung maka hipotesis dalam penelitian ini adalah perangkat pembelajaran matematika berdasarkan research based learning berpengaruh keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah rainbow antimagic coloring.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

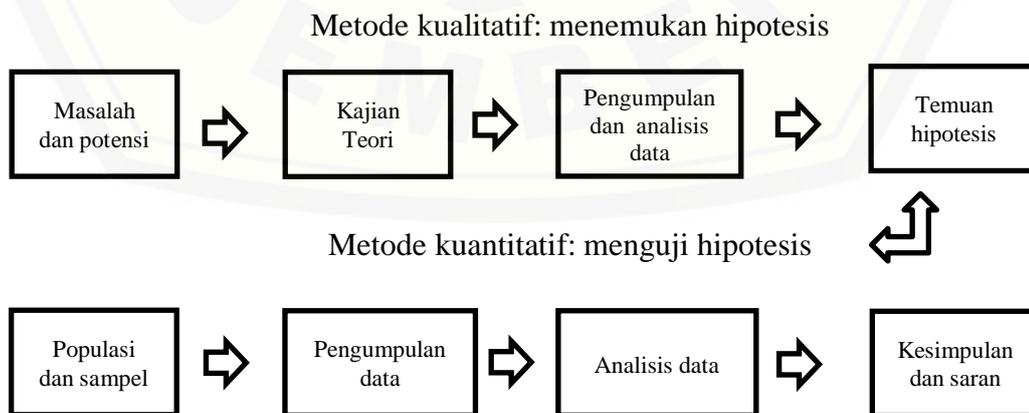
Jenis penelitian ini adalah dengan metode kombinasi (*mixed method*), yakni metode penelitian yang menggabungkan antara metode kualitatif (penelitian pengembangan) dan metode kuantitatif (penelitian eksperimen).

3.1.1 Pengertian Metode Kombinasi

Menurut Sugiyono (2017) metode penelitian kombinasi adalah suatu metode penelitian yang mengkombinasikan atau menggabungkan antara metode kualitatif dan metode kuantitatif untuk digunakan secara bersama-sama dalam suatu kegiatan penelitian sehingga diperoleh data yang lebih komprehensif, valid, reliabel dan obyektif.

3.1.2 Model Metode Penelitian Kombinasi

Model metode penelitian kombinasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sequential exploratory design*. Model *sequential exploratory* merupakan model penelitian kombinasi yang menggabungkan metode penelitian kualitatif dilanjutkan dengan metode penelitian kuantitatif. Metode kualitatif berfungsi untuk menemukan hipotesis pada kasus tertentu atau sample terbatas, sedangkan metode kuantitatif berfungsi untuk menguji hipotesis pada populasi yang lebih luas. Adapun langkah-langkah penelitian kombinasi model *sequential exploratory* dapat ditunjukkan dalam bagan berikut:



Gambar 3. 1 Model Penelitian Kombinasi

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester Genap. Tempat penelitian untuk melakukan uji coba terbatas adalah di FKIP Pendidikan Matematika Universitas Jember.

3.3 Definisi Operasional

Terdapat tiga variabel yang menjadi inti dalam penelitian ini, yaitu antara lain:

- 1) Berpikir kreatif-inovatif mahasiswa adalah suatu kemampuan mental seseorang yang meliputi ide-ide atau gagasan-gagasan yang dapat dipadukan dan dikembangkan sehingga dapat menciptakan suatu produk yang baru dan bermanfaat bagi diri dan lingkungannya. Dalam penelitian ini kemampuan berpikir kreatif-inovatif yang diukur mencakup tiga indikator yaitu: berpikir kreatif, bekerja secara kreatif dengan orang lain, dan implementasi inovasi. Kemampuan berpikir kreatif dan inovatif tersebut dijarung melalui Tes Aktivitas Riset.
- 2) Pembelajaran *Research Based Learning* merupakan metode pembelajaran yang menggunakan *contextual learning*, *authentic learning*, *problem-solving*, *cooperative learning*, *hands on & minds on learning*, dan *inquiry discovery approach*. Target dari penerapan RBL adalah mendorong terciptanya keterampilan berfikir tingkat tinggi pada diri peneliti dan peserta didik. Peserta didik tidak hanya dijejali dengan informasi dan ilmu pengetahuan namun harus dibawa ke level yang tinggi yaitu *creating* atau *communicating*. Pencapaian sampai level ini dalam teori pembelajaran dikenal dengan tercapainya keterampilan berpikir tingkat tinggi yang diterjemahkan dari kalimat *Higher Order Thinking Skills* (HOTS), sehingga peneliti dapat menginspirasi peserta didik untuk mengembangkan semua potensi yang mereka miliki dan menghasilkan sesuatu dari proses berfikirnya dan diakhir pembelajaran peserta didik diharapkan mampu menemukan kebaruan dalam materi yang menjadi topik pembelajaran.

- 3) Konsep pewarnaan graf *rainbow antimagic coloring* merupakan konsep yang tergolong baru dalam bidang teori graf. Konsep ini merupakan kombinasi dari beberapa konsep graf yang telah banyak diteliti sebelumnya. Tidak seperti konsep pewarnaan sisi yang mengharuskan sisi yang bertetangga tidak boleh memiliki warna yang sama, tetapi dalam konsep *rainbow coloring* sisi yang bertetangga boleh memiliki warna yang sama. Graf G dikatakan bersifat *rainbow connected* jika terdapat sebuah *rainbow $u - v$ path* yang menghubungkan setiap dua titik u dan v di G . Pewarnaan sisi yang menyebabkan G bersifat *rainbow connection* disebut *rainbow coloring*. Konsep *rainbow coloring* dikombinasikan dengan konsep *antimagic labeling* yang menyebutkan bahwa pewarnaan sisi didapatkan dari jumlahan label pada titik u dan v yang bertetangga. Jika suatu graf *rainbow connected* berdasarkan pewarnaan *antimagic labeling*, graf tersebut diwarnai berdasarkan *rainbow antimagic coloring*.
- 4) Potret fase merupakan gambaran alur berpikir mahasiswa dalam memecahkan msuatu permasalahan. Dalam penelitian ini potret fase mahasiswa didasarkan pada alur keterampilan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring* berbasis *research based learning*.
- 5) Penelitian ini akan menghasilkan suatu monograf *rainbow antimagic coloring*. Dalam hal ini monograf yang dihasilkan berupa buku yang berisi materi *rainbow antimagic coloring* yang menyajikan munculnya konsep *rainbow antimagic coloring*, hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *rainbow antimagic coloring*, dan hasil penelitian terbaru yang ditemukan mahasiswa dan digeneralisasi peneliti.

3.4 Penelitian Pengembangan

Prosedur penelitian yang dilakukan terdiri empat langkah, yaitu: studi pendahuluan, perancangan model RBL dan instrumen penelitian, implementasi, dan diakhiri dengan penyebaran. Penjelasan setiap langkah sebagai berikut:

3.4.1 Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tujuan tahap pendefinisian adalah menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan pembelajaran dengan menganalisis tujuan dan batasan materi. Tahap pendefinisian (Hobri, 2010) diuraikan sebagai berikut:

- 1) Analisis awal akhir (*front-end analysis*), dilakukan untuk menetapkan masalah dasar yang diperlukan dalam pengembangan bahan pembelajaran. Pada tahap ini dilakukan telaah terhadap kurikulum Matematika, berbagai teori belajar yang relevan dan tantangan dan tuntutan masa depan, sehingga diperoleh deskripsi pola pembelajaran yang dianggap paling sesuai.
- 2) Analisis Mahasiswa (*learner analysis*), merupakan telaah tentang karakteristik siswa yang sesuai dengan rancangan dan pengembangan bahan pembelajaran. Karakteristik ini meliputi latar belakang pengetahuan, perkembangan kognitif dan pengalaman mahasiswa baik sebagai kelompok maupun sebagai individu.
- 3) Analisis konsep (*concept analysis*), ditujukan untuk mengidentifikasi, merinci dan menyusun secara sistematis konsep-konsep yang relevan yang akan diajarkan berdasarkan analisis awal-akhir.
- 4) Analisis tugas (*task analysis*), merupakan pengidentifikasian ketrampilan-ketrampilan utama yang diperlukan dalam pembelajaran yang sesuai dengan kurikulum. Kegiatan ini ditujukan untuk mengidentifikasi keterampilan akademis utama yang akan dikembangkan dalam pembelajaran.
- 5) Spesifikasi tujuan pembelajaran (*specifying instructional objectives*), ditujukan untuk mengkonversi tujuan dari analisis tugas dan analisis konsep menjadi tujuan pembelajaran khusus, yang dinyatakan dengan tingkah laku. Perincian tujuan pembelajaran khusus tersebut merupakan dasar dalam penyusunan tes hasil belajar dan rancangan perangkat pembelajaran.

3.4.2 Tahap Perancangan (*Design*)

Tujuan dari tahap ini adalah merancang perangkat pembelajaran, sehingga diperoleh prototipe (contoh perangkat pembelajaran). Tahap ini dimulai setelah

ditetapkan tujuan pembelajaran khusus. Tahap perancangan (Hobri, 2010) terdiri dari empat langkah pokok yaitu sebagai berikut:

- 1) Penyusunan tes (*criterion test construction*), dasar dari penyusunan tes adalah analisis tugas dan analisis konsep yang dijabarkan dalam spesifikasi tujuan pembelajaran. Untuk merancang tes hasil belajar siswa dibuat kisi-kisi soal dan acuan penskoran. Penskoran yang digunakan adalah penilaian acuan patokan (PAP) dengan alasan PAP berorientasi pada tingkat kemampuan mahasiswa terhadap materi yang diteskan sehingga skor yang diperoleh mencerminkan persentase kemampuannya.
- 2) Pemilihan media (*media selection*), dilakukan untuk menentukan media yang tepat untuk penyajian materi pembelajaran. Proses pemilihan media disesuaikan dengan hasil analisis tugas dan analisis konsep serta karakteristik mahasiswa.
- 3) Pemilihan format (*format selection*), dalam pengembangan perangkat pembelajaran mencakup pemilihan format untuk merancang isi, pemilihan strategi pembelajaran dan sumber belajar.
- 4) Perancangan awal (*initial design*), adalah rancangan seluruh kegiatan yang harus dilakukan sebelum uji coba dilaksanakan. Adapun rancangan awal perangkat pembelajaran yang akan melibatkan aktivitas mahasiswa dan peneliti yaitu rencana pembelajaran, lembar kerja mahasiswa, tes aktivitas riset dan instrumen penelitian lembar observasi aktivitas mahasiswa, lembar observasi aktivitas dosen, angket respon mahasiswa dan lembar validasi perangkat pembelajaran.

3.4.3 Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tujuan dari tahap pengembangan adalah untuk menghasilkan draft perangkat pembelajaran yang telah direvisi berdasarkan masukan para ahli dan data yang diperoleh dari uji coba. Kegiatan pada tahap ini adalah penilaian para ahli dan uji coba lapangan.

- 1) Penilaian para ahli (*expert appraisal*), yaitu meliputi validasi isi (*content validity*) yang mencakup semua perangkat pembelajaran yang telah

dikembangkan pada tahap perancangan (*design*). Hasil validasi para ahli digunakan sebagai dasar melakukan revisi dan penyempurnaan perangkat pembelajaran. Secara umum validasi mencakup:

- 2) Isi perangkat pembelajaran, apakah isi perangkat pembelajaran sesuai dengan materi pelajaran dan tujuan yang akan diukur.
- 3) Bahasa: (a) apakah kalimat pada perangkat pembelajaran menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar, (b) apakah kalimat pada perangkat pembelajaran tidak menimbulkan penafsiran ganda.
- 4) Uji coba lapangan (*developmental testing*), dilakukan untuk memperoleh masukan langsung dari lapangan terhadap perangkat pembelajaran yang telah disusun. Dalam uji coba dicatat semua respon, reaksi, komentar dari dosen, mahasiswa dan para pengamat.

3.4.4 Tahap Desinimasi (*Dessinimate*)

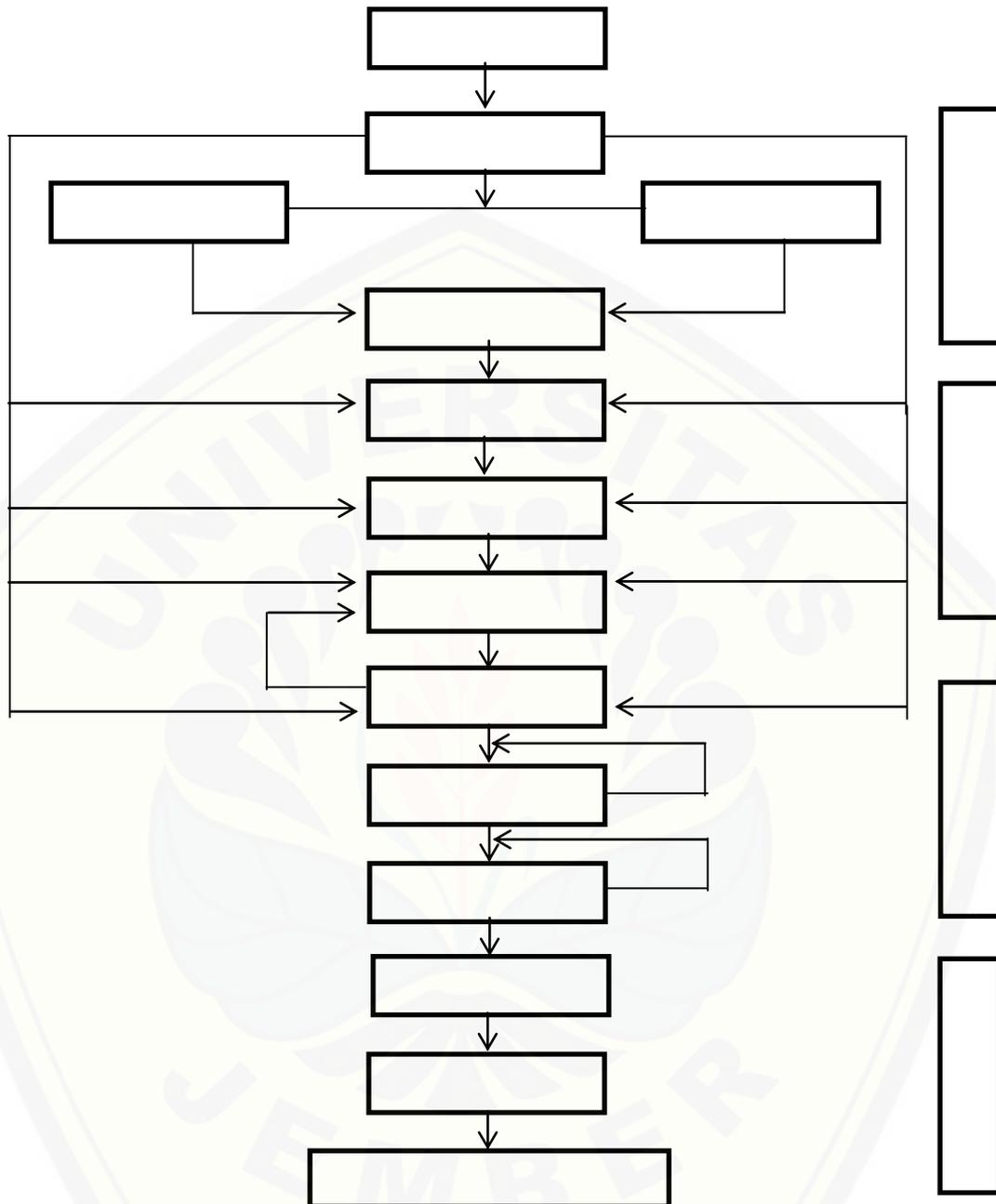
Tahap ini merupakan tahap penggunaan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan pada skala yang lebih luas, misalnya di kelas lain, universitas lain, oleh dosen lain. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menguji efektivitas penggunaan perangkat pembelajaran dalam KBM.

Model pengembangan perangkat pembelajaran menurut Thiagarajan, dapat dilihat pada gambar 3.2.

3.5 Penelitian Eksperimen

3.5.1 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini merupakan mahasiswa pendidikan matematika Universitas Jember yang menempuh mata kuliah matematika diskrit. Sampel penelitian ini terdiri dari dua kelas yang terdiri dari kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kedua kelas tersebut menggunakan pengajar yang sama namun dengan perlakuan yang berbeda. Dalam hal ini misalkan kelas eksperimen menggunakan perangkat pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan *research based learning* sedangkan kelas kontrol menggunakan perangkat pembelajaran yang konvensional.



Gambar 3. 2 Bagan rancangan penelitian 4-D

3.5.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan berbentuk non equivalent control group design. Pada penelitian ini terdiri dari dua kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kedua kelas tersebut diberi pre-test untuk mengetahui kemampuan awal dari mahasiswa di kelas tersebut. Kemudian pada pembelajaran kelas eksperimen digunakan perangkat pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan esearch

based learning, sedangkan kelas kontrol menggunakan perangkat pembelajaran yang konvensional. Pada akhir pembelajaran dilakukan post-test untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan berupa perangkat pembelajaran berdasarkan research based learning. Skema penelitian *non equivalent control group design* terdapat pada tabel 3.5.

Tabel 3. 1 Skema Desain Penelitian

Kelas Eksperimen	R_1	X	R_2
Kelas Kontrol	R_3	-	R_4

Keterangan :

R_1, R_3 : Pre-test

R_2, R_4 : Post-test

X : Perlakuan

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian pendidikan dengan menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif, teknik pengumpulan data biasanya dilakukan dengan teknik tes, sedangkan teknik pengumpulan data pada penelitian dengan pendekatan penelitian kualitatif pada umumnya menggunakan teknik observasi, wawancara yang mendalam, dan dokumentasi. Pada pendekatan penelitian kombinasi teknik pengumpulan data yang digunakan adalah gabungan dari teknik-teknik tersebut.

3.6.1 Teknik Tes

Pengumpulan data melalui teknik tes dilakukan dengan memberikan instrumen tes yang terdiri dari seperangkat pertanyaan/soal untuk memperoleh data mengenai kemampuan siswa terutama pada aspek kognitif. Pengumpulan data melalui teknik tes dapat dilakukan sebelum atau sesudah perlakuan, bahkan dapat dilakukan saat studi pendahuluan sebelum penelitian dimulai. teknik tes yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Data pre-test

Data pre-test diperoleh melalui tes yang dilaksanakan sebelum perlakuan diberikan. Materi yang di teskan pada saat pretes adalah materi yang akan

diteliti selama penelitian. Dengan mengetahui bagaimana kemampuan awal mahasiswa sebelum penelitian, peneliti memiliki acuan untuk menentukan kemampuan akhir atau peningkatan kemampuan seperti apa yang diharapkan di akhir penelitian sehingga memudahkan peneliti untuk menyusun rancangan penelitian.

b. Data post-test

Data post-test di peroleh melalui tes yang diselenggarakan setelah perlakuan diberikan pada akhir penelitian. Data post-test digunakan untuk mengetahui gambaran mengenai kemampuan akhir/pencapaian kemampuan siswa pada materi tertentu. Tes yang diberikan pada saat postes dapat serupa atau sama persis dengan tes yang diberikan pada saat pre-test.

3.6.2 Teknik Non-tes

Pengumpulan data melalui teknik non tes yang digunakan ditempuh dengan beberapa cara berikut:

1. *Interview* (wawancara)

Pengumpulan data melalui wawancara dilakukan dengan memberikan serangkaian pertanyaan yang diajukan secara langsung oleh peneliti kepada responden. Pelaksanaan wawancara dilaksanakan dengan menggunakan instrumen pedoman wawancara.

2. Kuesioner

Pengumpulan data melalui kuesioner dilakukan dengan memberikan instrumen berupa daftar pertanyaan yang harus di jawab oleh orang yang menjadi subjek dalam penelitian (responden). Daftar pertanyaan yang disusun dalam pertanyaan terbuka yang dituangkan dalam bentuk instrumen angket.

3.7 Teknik Analisis Data

3.7.1 Teknik Pengolahan dan Analisis Data Instrumen Tes

Data yang diperoleh dari instrumen tes masih berupa data mentah yang penggunaannya masih sangat terbatas. Data mentah tersebut dapat memberikan informasi yang diperlukan guna menjawab rumusan masalah dan menyelesaikan masalah dalam penelitian.

a. Validasi instrumen

Sebuah tes dikatakan valid apabila tes tersebut mengukur apa yang hendak diukur. Dengan kata lain, validitas suatu instrumen merupakan tingkat ketepatan suatu instrumen untuk mengukur sesuatu yang harus diukur.

Lembar validasi digunakan untuk menguji kevalidan angket, soal tes berpikir kritis, dan pedoman wawancara. Instrumen pada penelitian ini divalidasi oleh dua dosen pendidikan matematika dengan tujuan agar instrument yang digunakan bias memberikan informasi yang sangat jelas dan akurat.

Langkah-langkah untuk menentukan tingkat kevalidan instrumen (Hobri, 2010) sebagai berikut.

1. Menghitung rata-rata dari semua validator untuk setiap aspek penilaian dengan rumus sebagai berikut.

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n v_{ij}}{n}$$

Keterangan:

I_i = rata-rata nilai aspek ke- i ;

V_{ij} = data nilai dari validator ke- j terhadap indikator ke- i ;

j = validator 1,2,3;

i = indikator 1,2,..., n ;

n = banyaknya indikator

2. Menghitung nilai rata-rata total untuk semua aspek dengan cara menjumlahkan semua I_i dan dibagi dengan banyaknya aspek. Secara matematika dapat dituliskan sebagai berikut.

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

Keterangan:

V_a = nilai rata-rata total untuk semua aspek;

I_i = rata-rata nilai aspek ke- i ;

i = aspek yang dinilai: 1, 2, 3, ..., k ;

k = banyaknya aspek;

3. Menentukan tingkat kevalidan instrumen dengan merujuk pada nilai V_a yang disajikan dalam Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Kriteria Validitas Instrumen

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

4. Pada penelitian ini, instrumen dapat digunakan jika nilai V_a berada pada $4 \leq V_a \leq 5$.

b. Reliabilitas

Reliabilitas suatu instrumen adalah kekonsistenan instrumen tersebut bila diberikan pada subjek yang sama meskipun oleh orang yang berbeda, waktu yang berbeda, atau tempat yang berbeda, maka akan memberikan hasil yang sama atau relatif sama (tidak berbeda secara signifikan). Tinggi rendahnya derajat reliabilitas suatu instrumen di tentukan oleh nilai koefisien korelasi antara butir soal atau item pernyataan dan pertanyaan dalam instrumen tersebut yang di notasikan dengan r . Tolak ukur untuk menginterpretasikan derajat reliabilitas instrumen di tentukan berdasarkan kriteria menurut Guilford (dalam Kurniasih dan Sani, 2015) berikut.

Tabel 3. 3 Kriteria koefisien korelasi reliabilitas instrumen

Koefisien Korelasi	Korelasi	Interpretasi Reliabilitas
$0,90 \leq r \leq 1,00$	Sangat tinggi	Sangat tetap / sangat baik
$0,70 \leq r < 0,90$	Tinggi	Tetap / baik
$0,40 \leq r < 0,70$	Sedang	Cukup tetap / cukup baik
$0,20 \leq r < 0,40$	Rendah	Tidak tetap / buruk
$r < 0,20$	Sangat rendah	Sangat tidak tetap / sangat buruk

3.7.2 Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis data sampel dan hasilnya diberlakukan untuk populasi. Teknik statistik dimaksudkan untuk

menguji hipotesis penelitian. Sebelum menguji hipotesis penelitian, dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Untuk uji normalitas data, uji homogenitas data, dan pengujian hipotesis penelitian dilakukan menggunakan *software* R.

Di kalangan para statistikawan nama *open source software* (OSS) R cukup dikenal dan populer sebagai bahasa pemrograman statistika. Selain dimanfaatkan untuk analisis data, R dimanfaatkan untuk mengimplementasikan metode statistika yang sedang diteliti atau dikembangkan. Sebagai open source, R berkembang sangat pesat dan saat ini telah dikembangkan oleh para statistikawan dari berbagai negara. R juga dikenal dengan kemampuan visualisasi grafiknya yang bahkan mengalahkan kualitas grafik kebanyakan software-software statistika berbayar.

Revolusi R terjadi saat tim Rstudio meluncurkan dua program baru yakni:

1. *R studio*

Program ini cocok untuk para pengembang statistika dan mahasiswa jurusan statistika yang bekerja dalam laboratorium terpusat. Namun program ini tetap belum memenuhi kebutuhan para pengguna statistika yang kemampuan pemrogramannya tidak terlalu kuat

2. *R shiny*

R shiny merupakan *tool interface* yang memungkinkan orang membuat laman web interaktif. RShiny dilengkapi dengan dua interface mendasar, yaitu:

- a. Interface berbasis dokumen HTML sehingga memungkinkan orang membuat berbagai modul online yang dilengkapi dengan ilustrasi interaktif dan dinamik dari R.
- b. Interface GUI yang didominasi oleh tampilan menu, submenu dan hasil eksekusi program

Untuk uji normalitas data, uji homogenitas data, dan pengujian hipotesis penelitian dilakukan menggunakan *software* R lebih tepatnya menggunakan Rshiny dengan alamat website di bawah ini.

<http://statslab-rshiny.fmipa.unej.ac.id/RDoc/GenStat>.



Gambar 3. 3 Halaman Awal RShiny yang Telah dikembangkan

a. Uji normalitas

Uji normalitas merupakan salah satu uji prasyarat untuk memenuhi asumsi kenormalan dalam analisis data statistik parametrik. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sebaran data berdistribusi normal atau tidak. Data dikatakan berdistribusi normal jika data memusat pada nilai rata-rata dan median sehingga kurvanya menyerupai lonceng yang simetris. Dengan profit data semacam ini, maka data tersebut dianggap bisa mewakili populasi.

b. Uji homogenitas

Homogenitas data mempunyai makna, bahwa data memiliki varians atau keragaman nilai yang sama secara statistik. Uji homogenitas merupakan salah satu uji prasyarat analisis data statistik parametrik pada teknik komparasional (membandingkan). Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah varians data dari sampel yang dianalisis homogen atau tidak.

c. Uji T-tes

Independen T-test adalah uji komparatif atau uji beda untuk mengetahui adakah perbedaan mean atau rerata yang bermakna antara 2 kelompok bebas yang berskala data interval/rasio. Dua kelompok bebas yang dimaksud di sini adalah dua kelompok yang tidak berpasangan, artinya sumber data berasal dari subjek yang berbeda.

Untuk menguji hipotesis penelitian yang dirumuskan, digunakan *T-test* untuk sampel independen atau *independent samples t-test*. Pada *independent sample t-test* digunakan taraf signifikansi 5% atau 0,05.

H_0 = Rata-rata kemampuan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa yang menggunakan model pembelajaran *research based learning* lebih rendah dari atau sama dengan rata-rata kemampuan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa yang tidak menggunakan model pembelajaran *research based learning*.

H_1 = Rata-rata kemampuan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa yang menggunakan model pembelajaran *research based learning* lebih tinggi dari rata-rata kemampuan berpikir metakognisi mahasiswa yang tidak menggunakan model pembelajaran *research based learning*.

Keterangan :

- Jika $p_{\text{value}} < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima
- Jika $p_{\text{value}} \geq 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

3.7.3 Teknik Pengolahan dan Analisis Data Hasil Non-tes

Data yang diperoleh dari instrumen nontes berupa data kualitatif yang diolah dengan cara di kuantifikasi dan dianalisis secara deskriptif. Data ini diperoleh dari data aktivitas dosen, data aktivitas mahasiswa, wawancara dan angket respon mahasiswa. Berikut adalah cara yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data instrumen non tes.

a. Analisis data kepraktisan perangkat

Data kepraktisan perangkat merupakan data yang menggambarkan keterlaksanaan perangkat pada saat kegiatan pembelajaran. Data ini diperoleh dari data aktivitas dosen yang diamati melalui lembar observasi. Data yang dihasilkan dari observasi aktivitas dosen dianalisis menggunakan beberapa langkah sebagai berikut (Cahyanti, 2016).

- Menjumlahkan skor dari semua pertemuan
- Menghitung persentase skor rata-rata dengan menggunakan rumus:

Skor rata – rata

$$= \frac{\text{Skor Total Observer}}{\text{Skor Maksimal yg diperoleh dari observasi}} \times 100\%$$

- Membuat kesimpulan dari hasil analisis observasi aktivitas dosen. Kesimpulan analisis data disesuaikan dengan kriteria presentase rata-rata hasil observasi sehingga dapat disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Kriteria Data Hasil Observasi Aktivitas Dosen

Skor	Kesimpulan
$90\% \leq \text{Skor Rata-rata} \leq 100\%$	Sangat baik
$80\% \leq \text{Skor Rata-rata} < 90\%$	baik
$70\% \leq \text{Skor Rata-rata} < 80\%$	Cukup
$40\% \leq \text{Skor Rata-rata} < 70\%$	Kurang
$0\% \leq \text{Skor Rata-rata} < 40\%$	Sangat Kurang

b. Analisis data Keefektifan Perangkat

Tiga indikator yang digunakan dalam mengukur keefektifan perangkat yaitu hasil aktivitas riset, aktivitas mahasiswa dan respon mahasiswa.

- Analisis Data Hasil Belajar

Data yang diperoleh akan dianalisis dan digunakan sebagai acuan untuk menilai tercapai tidaknya pengembangan perangkat pembelajaran yang efektif serta untuk merevisi perangkat post tes jika terdapat hal yang perlu diperbaiki. Jenis tes yang digunakan adalah jenis tes keterampilan conjecturing mahasiswa sesuai dengan indikator yang telah ditetapkan pada definisi operasional. Interval skor penentuan siswa penguasaan siswa ditetapkan sebagai berikut (Hobri, 2010).

- a) Skor $90 \leq TPS \leq 100$ dikategorikan sangat tinggi
- b) Skor $75 \leq TPS < 90$ dikategorikan tinggi
- c) Skor $60 \leq TPS < 75$ dikategorikan sedang
- d) Skor $40 \leq TPS < 60$ dikategorikan cukup
- e) Skor $0 \leq TPS < 40$ dikategorikan rendah

Keterangan : TPS = Tingkat Penguasaan Siswa

Adapun langkah-langkah untuk menganalisis hasil belajar sebagai berikut:

1. Melakukan rekapitulasi skor masing-masing mahasiswa
 2. Menentukan kategori ketuntasan belajar mahasiswa, diambil nilai ketuntasan minimum yaitu 80
 3. Menghitung banyaknya mahasiswa yang telah tuntas
 4. Menentukan ketuntasan klasikal
 - a) Jika $\geq 75\%$ dari jumlah mahasiswa keseluruhan telah tuntas, maka dikategorikan telah tuntas secara klasikal.
 - b) Jika $< 75\%$ dari jumlah siswa keseluruhan telah tuntas, maka dikategorikan tidak tuntas secara klasikal.
- Analisis Data Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa

Hasil observasi berupa aktivitas mahasiswa selama kegiatan pembelajaran. Menurut Cahyanti (2016) keaktifan mahasiswa dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Ps = \frac{As}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

Ps = presentase keaktifan skor rata-rata hasil observasi

As = jumlah skor yang diperoleh observer

N = jumlah skor maksimal

Skor aktivitas mahasiswa terdiri dari skor 1 sampai dengan 4 yang terbagi menjadi empat interval. Adapun kriteria skor dalam Tabel 3.5 sebagai berikut :

Tabel 3. 5 Skor Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa

Skor	Kesimpulan
$1 \leq Ps \leq 1,4$	Tidak Aktif
$1,5 \leq Ps \leq 2,4$	Kurang Aktif
$2,5 \leq Ps \leq 3,4$	Aktif
$3,5 \leq Ps \leq 4$	Sangat Aktif

c. Analisis data Wawancara

Data hasil wawancara diolah dan dianalisis secara deskriptif. Temuan-temuan hasil wawancara diuraikan secara sistematis guna menjawab permasalahan dalam penelitian. Analisis data angket dapat dilakukan dengan cara menentukan persentase jawaban responden untuk masing-masing item

pernyataan atau pertanyaan dalam angket yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif kemudian dianalisis secara kuantitatif.

3.8 Potret Fase

Potret fase merupakan gambaran alur berpikir mahasiswa dalam memecahkan msuatu permasalahan. Dalam penelitian ini potret fase mahasiswa didasarkan pada alur keterampilan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring* berbasis *research based learning*. Berikut beberapa langkah untuk mengetahui potret fase mahasiswa:

- 1) Menyediakan pertanyaan yang bertuliskan indikator dari keterampilan berpikir kreatif dan inovatif berdasarkan observasi dan pengerjaan post tes.
- 2) Melakukan wawancara dengan meminta mahasiswa mengambil sebuah kartu indikator untuk setiap langkah pengerjaan post tes dengan ada pengembalian kartu indikator, sehingga langkah yang diambil oleh mahasiswa dapat berulang.
- 3) Menulis urutan setiap kartu indikator yang diambil oleh mahasiswa dan menggambar urutan tersebut dalam bentuk graf sehingga ada langkah yang diulang.

3.9 Monograf

Penelitian ini akan menghasilkan suatu monograf *rainbow antimagic coloring*. Menurut Direktorat Sumber Daya Ristek Dikti monograf merupakan suatu tulisan ilmiah dalam bentuk buku yang substansi pembahasannya hanya pada satu topik dalam suatu bidang ilmu kompetensi penulis. Isi tulisan harus memenuhi syarat-syarat sebuah karya ilmiah yang utuh, yaitu metodologi pemecahan masalah, dukungan data atau teori mutakhir yang lengkap dan jelas, serta ada kesimpulan dan daftar pustaka. Dalam hal ini monograf yang dihasilkan berupa buku yang berisi materi *rainbow antimagic coloring* yang menyajikan munculnya konsep *rainbow antimagic coloring*, hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *rainbow antimagic coloring*, dan hasil penelitian terbaru yang ditemukan mahasiswa dan digeneralisasi peneliti.

BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas proses dan hasil pengembangan perangkat pembelajaran *research based learning* dan pengaruhnya terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.

4.1 Proses Pengembangan Perangkat Pembelajaran

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mixed method* atau penelitian campuran. Penelitian campuran adalah metode penelitian yang mengkombinasikan penelitian kualitatif dan penelitian kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengembangan perangkat pembelajaran matematika berbasis *research based learning* terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*. Penelitian ini dilakukan di Universitas Jember. Perangkat pembelajaran matematika yang dimaksud adalah Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), dan Tes Hasil Belajar (THB). Pengembangan perangkat pembelajaran pada penelitian ini mengacu pada pengembangan model 4-D (*Four-D Models*) dengan tahapan pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Adapun proses pengembangan perangkat yang dilakukan adalah tahapan validasi yang dilakukan oleh ahlinya dan uji keefektifan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan.

4.1.1 Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian merupakan tahap awal kegiatan pengembangan perangkat pembelajaran yang bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan pembelajaran materi kubus dengan menganalisis tujuan dan batasan materi. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut.

a. Analisis Awal-Akhir

Analisis awal pada sampel penelitian ini bertujuan untuk menetapkan masalah dasar yang diperlukan dalam pengembangan perangkat pembelajaran sehingga dapat memunculkan alternatif perangkat pembelajaran yang diharapkan. Dalam memahami konsep *rainbow antimagic coloring* mahasiswa merasa kesulitan, karena konsep *rainbow antimagic coloring* berbeda dengan konsep *rainbow coloring* yang telah dipelajari sebelumnya. Kesulitan-kesulitan ini yang menjadi penyebab proses belajar terhambat. Pengembangan perangkat pembelajaran matematika diperlukan untuk memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut membuat mahasiswa lebih mudah memahami konsep serta mahasiswa mampu menyelesaikan masalah secara aktif, kreatif, dan inovatif.

Materi *rainbow antimagic coloring* ini, dapat dijadikan referensi nantinya oleh mahasiswa, sebagai tugas akhir (skripsi), karena materi ini sangat menarik dan tidak mudah bagi mahasiswa yang tidak bersungguh-sungguh dalam belajar, untuk mengerjakan atau menyelesaikan masalah ini. Jadi yang dapat menyelesaikan konsep tersebut haruslah mahasiswa yang mampu berperan aktif, kreatif, dan inovatif. Mahasiswa kelas Kombinatorika merupakan kelas mahasiswa dengan nilai semester yang baik sehingga mereka dapat lebih mudah memahami konsep *rainbow antimagic coloring* ini. Metode pembelajaran yang digunakan nanti adalah *research based learning* dimana metode ini cocok digunakan untuk melatih kemampuan berfikir kreatif-inovatif mahasiswa karena pada metode ini mahasiswa nantinya dituntut untuk dapat menemukan graf yang belum diteliti sebelumnya serta menentukan *rainbow antimagic coloring*nya.

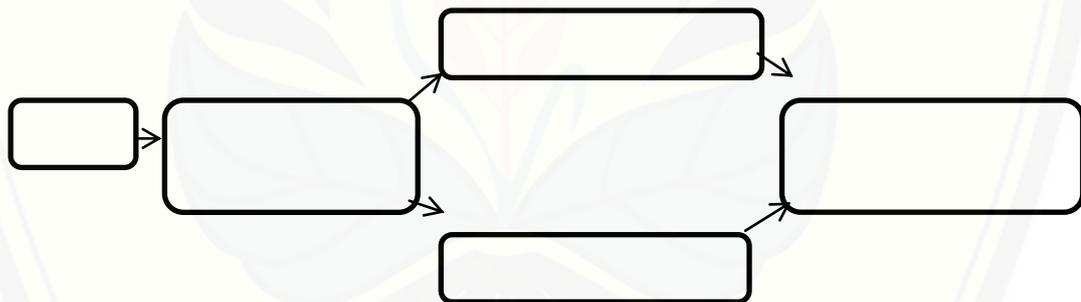
b. Analisis Mahasiswa

Analisis mahasiswa dilakukan untuk memperoleh data mengenai karakteristik mahasiswa MIPA S1 Pendidikan Matematika Kelas Kombinatorika. Pada pembelajaran ini berpusat kepada mahasiswa yang dituntut untuk kreatif-inovatif dalam memahami dan menyelesaikan permasalahan tentang *rainbow antimagic coloring*, dalam penyelesaian soal,

mahasiswa tidak hanya bekerja sendiri secara individual, melainkan mampu juga bekerja sama dengan kelompok masing-masing. Pada saat mahasiswa bekerja secara kelompok, nantinya akan diketahui proses interaksi antar mahasiswa, seperti saling berpendapat, bertukar pikiran, bagi tugas, dan lain sebagainya. Semua itu akan dilihat dari cara mereka bekerja dan dari situlah maka akan diketahui mana mahasiswa yang aktif dan mana mahasiswa yang pasif. Namun mahasiswa kelas Kombinatorika, sudah termasuk mahasiswa yang mempunyai IPK tinggi, sehingga lebih mudah untuk membuat mereka memahami konsep *rainbow antimagic coloring*.

c. Analisis Konsep

Analisis konsep bertujuan untuk mengidentifikasi konsep-konsep utama yang harus dikuasai oleh penulis dan akan dipelajari oleh mahasiswa pada materi *rainbow antimagic coloring*. Berdasarkan kegiatan analisis awal-akhir maka hasil analisis konsep mengenai materi *rainbow antimagic coloring* menghasilkan peta konsep berikut:



Gambar 4.1 Peta Konsep Rainbow Antimagic Coloring

d. Analisis Tugas dan Spesifikasi Tujuan Pembelajaran

Berdasarkan analisis materi pada materi *rainbow antimagic coloring*, maka tugas atau kemampuan akhir yang harus dimiliki mahasiswa setelah mempelajari materi tersebut yaitu mampu mengembangkan *rainbow antimagic coloring* serta menentukan *rainbow antimagic connection number* dari suatu graf. Berdasarkan kemampuan akhir yang diharapkan tersebut maka disusunlah indikator pencapaian hasil belajar sebagai berikut:

1. Mahasiswa aktif mengemukakan pendapat dan bekerja sama dalam memahami konsep *rainbow antimagic coloring* melalui diskusi kelompok.

2. Mahasiswa dapat membuat graf baru dan dapat meng-*expand*-nya.
3. Mahasiswa dapat menentukan kardinalitas dari suatu graf.
4. Mahasiswa dapat menentukan *rainbow antimagic coloring* dari suatu graf.
5. Mahasiswa dapat menentukan *rainbow antimagic connection number* ($rc_A(G)$) dari suatu graf.

4.1.2 Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan (*design*) ini bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran sehingga menghasilkan desain awal perangkat pembelajaran. Model pembelajaran *research based learning* untuk menganalisis kemampuan berfikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*. Hasil kegiatan tahap perancangan untuk masing-masing fase diuraikan sebagai berikut.

a. Penyusunan Tes

Tes atau instrumen penilaian disusun berdasarkan indikator pembelajaran yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, tes yang disusun adalah tes aktivitas riset dengan materi *rainbow antimagic coloring*. Tes ini berbentuk uraian aktivitas riset.

b. Pemilihan Media

Dalam penelitian ini, pemilihan media yang digunakan sesuai dengan pembelajaran *research based learning*, prosesnya meliputi penyesuaian antara analisis tugas, analisis konsep, dan analisis mahasiswa. Dalam penelitian ini, penyajian materi *rainbow antimagic coloring* menggunakan media presentasi biasa. Media lain yang digunakan untuk mendukung pembelajaran *research based learning* ini diantaranya adalah Lembar Kerja Mahasiswa (LKM). Media ini diberikan kepada mahasiswa dengan harapan mahasiswa dapat memanfaatkan media yang disediakan untuk mengetahui konsep *rainbow antimagic coloring*. Dalam tesis ini perangkat yang dikembangkan adalah LKM (Lembar Kerja Mahasiswa), TAR (Tes Aktivitas Riset) dan Monograf. Media yang digunakan adalah program Microsoft Word, Microsoft Power Point dan Paint.

c. Pemilihan Format

Pada penyusunan format pengembangan perangkat pembelajaran ini, meliputi pemilihan format untuk mendesain isi, pemilihan strategi pembelajaran, dan sumber belajar. Proses pemilihan format juga mempertimbangkan hasil analisis materi, analisis tugas, dan analisis mahasiswa. Dalam hal ini, pembelajaran *research based learning* dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring* dengan tahapan-tahapan pembelajaran yang ada di dalamnya dipilih sebagai format pembelajaran. Hal tersebut karena penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran *research based learning* untuk menganalisis kemampuan berfikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.

d. Desain Awal

Desain awal merupakan desain khusus seperti perangkat pembelajaran hasil pengembangan yang telah siap diujicobakan, seperti Rencana Pembelajaran (SAP), LKM (Lembar Kegiatan Mahasiswa) dan Tes Aktivitas Riset (TAR). Perangkat pembelajaran yang dihasilkan pada tahap ini disebut Draft I. Berikut hasil dari perangkat-perangkat yang dikembangkan.

1) Rencana Pembelajaran

Rencana pembelajaran semester untuk perkuliahan di dalamnya terdapat satuan acara perkuliahan (SAP) untuk materi *rainbow antimagic coloring*. Satuan acara perkuliahan dibuat berdasarkan model *research based learning* untuk dua pertemuan dengan alokasi waktu masing-masing pertemuan 2 x 50 menit. Pada pertemuan terakhir diadakan post tes untuk materi *rainbow antimagic coloring*. Berdasarkan satuan acara perkuliahan (SAP) yang telah dibuat pada pertemuan pertama akan membahas tentang kardinalitas dari graf dan konsep dasar dari suatu graf. Pertemuan kedua akan membahas tentang konsep *rainbow antimagic coloring*. Pada proses memahami konsep *rainbow antimagic coloring* mahasiswa akan menemukan sendiri karakteristik dan batasan minimum yang digunakan pada saat mewarnai suatu graf.

2) Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) didesain sesuai dengan indikator pembelajaran yang akan dicapai. LKM dibagi menjadi dua, yaitu LKM 1 dan LKM 2 dengan materi sesuai dengan modul pembelajaran untuk masing-masing LKM. Pada LKM 1 yaitu LKM yang berisi pemahaman dan penemuan konsep *rainbow coloring* dan pemberian notasi pada titik suatu graf sehingga nantinya mahasiswa dapat menentukan kardinalitas graf khusus yang telah dibuatnya, serta *rainbow connection number*nya. LKM 2 membahas tentang konsep *antimagic labeling* suatu graf serta konsep *rainbow antimagic coloring* hingga cara menentukan *rainbow antimagic connection number*nya. LKM ini juga dibuat untuk melatih kemampuan berfikir kreatif-inovatif mahasiswa sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Desain dalam LKM dilengkapi dengan kotak kosong dan titik-titik yang disediakan sebagai tempat untuk menuliskan ide kreatif yang mereka miliki dalam menjawab pertanyaan.



Gambar 4. 2 Gambar Desain Awal Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

3) Tes Aktivitas Riset (TAR)

Tes aktivitas riset dibuat berdasarkan materi yang telah diajarkan menggunakan metode *research based learning* yang bertujuan untuk mengukur hasil belajar mahasiswa. Tes aktivitas riset ini dikerjakan berkelompok sebanyak 2 anggota mahasiswa setiap kelompoknya.

Sebelum digunakan untuk mengevaluasi mahasiswa, alat evaluasi tersebut divalidasi terlebih dahulu oleh validator untuk menentukan kelayakan instrumen tes aktivitas riset. Selain modul pembelajaran, lembar kerja mahasiswa (LKM), dan tes aktivitas riset (TAR), dalam tahap desain awal ini juga dihasilkan lembar validasi dan lembar pengamatan aktivitas dosen dan mahasiswa.

4) Monograf

Monograf berisi penjelasan konsep *rainbow antimagic coloring*. Pada bagian pendahuluan terdapat definisi *rainbow coloring*, *antimagic labeling*, dan *rainbow antimagic coloring* yang digambarkan dalam kehidupan sehari-hari. Pada bagian isi monograf, terdapat daftar beberapa hasil temuan-temuan terdahulu tentang *rainbow antimagic coloring*, hasil temuan penulis sendiri dan temuan subjek penelitian. Hal yang paling penting dalam monograf ini adalah penentuan graf baru dan penentuan pewarnaan sisi suatu graf dengan konsep *rainbow antimagic coloring* hasil temuan mahasiswa yang menjadi subjek penelitian pembelajaran dengan menggunakan metode *research based learning*, yang mana didalam monograf juga terdapat teorema-teorema yang muncul dari beberapa penemuan-penemuan tersebut. Dibawah ini gambar cover dan isi monograf.



Gambar 4. 3 Cover Monograf Rainbow Antimagic Coloring

4.1.3 Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tujuan pada tahap ini adalah untuk menghasilkan *draft* (*draft* ke-1). Dalam tahap ini, perangkat pembelajaran yang telah direvisi berdasarkan masukan dari para validator dan data yang diperoleh dari uji coba. Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan meliputi validasi perangkat oleh validator diikuti dengan revisi dan uji coba lapangan dengan mahasiswa sebagai subjek penelitian. Hasil kegiatan tahap pengembangan ini dijelaskan sebagai berikut:

a. Penilaian para validator

Penilaian validator digunakan sebagai dasar melakukan revisi dan penyempurnaan perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Validasi dilaksanakan oleh 2 (dua) validator yang mengacu pada indikator penilaian pada lembar validasi. Para validator terdiri dari dosen pengampu teori graf, dosen ahli dalam bidang penyusunan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM). Tabel di bawah ini merupakan nama-nama validator yang telah melaksanakan validasi terhadap media pembelajaran yang telah penulis kembangkan.

Tabel 4. 1 Daftar Nama Validator

No	Nama	Bidang/Ahli
1	Ermita Rizki Albirri, S.Pd., M.Si.	Ahli penyusunan LKM
2	Robiatul Adawiyah, S.Pd., M.Si.	Teori graf

Berdasarkan penilaian validator di dapat penilaian secara umum sebagai berikut:

a. Validator 1

- a) LKM tergolong baik dan dapat sedikit revisi.
- b) TAR tergolong baik dan dapat sedikit revisi.
- c) Monograf tergolong baik

b. Validator 2

- a) LKM tergolong baik dan dapat sedikit revisi.
- b) TAR tergolong baik dan dapat sedikit revisi.
- c) Monograf tergolong baik

Komentar dan saran dari validator digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk merevisi perangkat pembelajaran sehingga dihasilkan perangkat pembelajaran yang layak untuk digunakan.

b. Uji Coba

Perangkat yang telah divalidasi dan direvisi, kemudian diujicobakan pada subjek penelitian, yaitu mahasiswa mata kuliah Kombinatorika S1 Pendidikan Matematika Universitas Jember. Kelas kombinatorika yang dijadikan sebagai objek uji coba terdiri dari 2 kelas yaitu A dan B. Kelas A terdiri atas 41 mahasiswa, sedangkan kelas B terdiri dari 30 mahasiswa. Uji coba dilakukan 2 kali pertemuan untuk pembelajaran dan 1 kali pertemuan untuk melaksanakan tes aktivitas riset. Kegiatan belajar mengajar menggunakan metode *research based learning* dengan didampingi oleh observer guna mengamati aktivitas dosen dan aktivitas mahasiswa. Hasil uji coba lapangan ini digunakan untuk menilai kepraktisan dan keefektifan perangkat pembelajaran. Hasil uji coba lapangan menjadi dasar membuat keputusan apakah perangkat pembelajaran sudah layak, atau masih perlu diujicobakan kembali.

Pada saat penerapan perangkat pembelajaran di kelas, peneliti bertindak sebagai dosen yang melaksanakan uji coba dan didampingi oleh dua observer untuk menilai kegiatan pembelajaran. Observer akan memberikan penilaian melalui lembar observasi aktivitas dosen dan aktivitas mahasiswa yang sudah disertai dengan indikator-indikator yang akan diamati. Berdasarkan hasil pengamatan pengelolaan kelas yang dilakukan selama kegiatan pembelajaran didapatkan hasil bahwa kegiatan belajar dengan model *research based learning* berjalan dengan cukup baik dan lancar. Mahasiswa dibagi dalam beberapa kelompok dimana satu kelompok terdiri dari 2-3 mahasiswa. Pelaksanaan uji coba dimulai dengan melakukan pretes pada kedua kelas tersebut, kemudian dilanjutkan dengan mengamati dan mengerjakan LKM sesuai dengan petunjuk yang ada. Kegiatan mengerjakan LKM hanya dilakukan oleh kelas A sebab dalam penelitian ini kelas tersebut digunakan sebagai kelas eksperimen. Sementara kelas B akan dilakukan pembelajaran

dengan materi yang sama namun dengan model konvensional. Pada akhir kegiatan pembelajaran kedua kelas tersebut akan dilakukan post tes untuk mengukur kemampuan akhir mahasiswa.

Kegiatan pembelajaran dibuka dengan doa kemudian peneliti menyampaikan tujuan pembelajaran untuk pertemuan pertama yaitu mahasiswa dapat menentukan kardinalitas dari suatu graf dan memberikan motivasi pada mahasiswa. Pada saat mahasiswa mengerjakan LKM maka aktivitas mahasiswa akan terlihat misalnya mahasiswa melakukan tanya jawab dan diskusi dalam menyelesaikan permasalahan yang telah disediakan. Dalam LKM terdapat beberapa riset yang menuntun mahasiswa untuk menemukan kardinalitas dari suatu graf. Peneliti yang bertindak sebagai dosen membagi mahasiswa menjadi beberapa kelompok yang terdiri dari 2-3 mahasiswa. Setelah mahasiswa membentuk kelompok, dosen memberikan penjelasan singkat terkait dengan kardinalitas suatu graf. Selanjutnya mahasiswa mencoba memahami sendiri kardinalitas suatu graf melalui permasalahan yang diberikan. Mahasiswa tidak mengalami banyak kesulitan karena kardinalitas telah dipelajari pada mata kuliah teori graf. Setelah menyelesaikan permasalahan yang diberikan maka dosen bersama mahasiswa melakukan diskusi sekaligus pembahasan. Masing-masing kelompok melakukan presentasi jawabannya di depan kelas, kelompok lain diperbolehkan untuk bertanya, menyanggah atau memberikan jawaban yang berbeda jika mahasiswa mengalami kesulitan maka dosen akan membantu kelompok tersebut.

Kegiatan pembelajaran kedua digunakan untuk membahas konsep *rainbow antimagic coloring*. Awalnya mahasiswa mengalami kesulitan untuk memahami konsep *rainbow antimagic coloring* sebab konsep tersebut tergolong baru bagi mahasiswa. Mahasiswa mencoba memahami secara mandiri materi tersebut dengan cara menyelesaikan riset yang ada dalam LKM. Diakhir kegiatan pembelajaran dilakukan post tes di kelas kontrol maupun di kelas eksperimen untuk mengukur kemampuan akhir mahasiswa. Pertemuan terakhir di kelas A melakukan post tes yang berupa tes akhir riset

(TAR). Soal post tes berupa uraian yang berisi 3 indikator keterampilan berpikir kreatif-inovatif, soal post tes menuntut mahasiswa untuk menemukan *rainbow antimagic coloring* dari suatu graf namun harus berbeda satu dengan yang lainnya. Setelah menerapkan pengembangan perangkat pembelajaran *research based learning*, mahasiswa diminta mengisi angket respon mahasiswa terhadap perangkat pembelajaran dan proses kegiatan pembelajaran. Dari pelaksanaan uji coba maka akan diperoleh data aktivitas dosen, aktivitas mahasiswa, post tes, dan angket respon mahasiswa yang selanjutnya akan dilakukan analisis. Hasil analisis digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk merevisi perangkat pembelajaran tersebut menjadi draft akhir yang siap digunakan.

4.1.4 Tahap Penyebaran (*Disseminate*)

Tahap ini menerapkan penggunaan perangkat pembelajaran yang sudah dikembangkan pada skala yang lebih besar misal dikelas yang belum dilakukan uji coba atau di universitas lain oleh dosen yang lain. Hal tersebut bertujuan mengetahui keefektifan perangkat yang telah dikembangkan dalam kegiatan pembelajaran serta mendapatkan masukan, koreksi, saran, penilaian untuk menyempurnakan perangkat pembelajaran yang sudah dikembangkan. Tahap penyebaran pada penelitian ini yaitu mengemas perangkat pembelajaran sedemikian rupa agar menarik untuk nantinya siap disebar dan dipakai oleh dosen dan mahasiswa dari berbagai universitas. Tahap penyebaran pada penelitian ini sebagai berikut :

- 1) memberikan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan pada lembaga tempat uji coba perangkat;
- 2) menyerahkan pada Laboratorium Matematika Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Jember,
- 3) menyerahkan pada perpustakaan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember,
- 4) menyerahkan pada perpustakaan Universitas Jember.

4.2 Hasil Pengembangan Perangkat

Perangkat pembelajaran yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu lembar kerja mahasiswa (LKM) dan tes akhir riset (TAR) menggunakan model research based learning pada materi *rainbow antimagic coloring*. Pengembangan perangkat pada penelitian ini mengacu pada pengembangan perangkat model *four-D*.

4.2.1 Hasil Analisis Data Validasi

Validasi dilakukan oleh dua orang validator yang telah memenuhi kualifikasi yang telah ditentukan. Proses validasi dilakukan dengan menyerahkan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan, instrumen penilaian dan lembar validasi kepada validator. Hasil validasi perangkat pembelajaran dibagi menjadi tiga yaitu hasil validasi rencana pembelajaran yang di dalamnya terdapat LKM dan TAR.

a. Hasil Validasi Rencana Pembelajaran

Teknik validasi rencana pembelajaran yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan pertanyaan berskala likert 1-4 dengan menggunakan pertanyaan berskala. Validator diminta untuk memberi skor antara 1-4 sesuai dengan karakteristik pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian validator. Hasil rekapitulasi validasi rencana pembelajaran dari para validator pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Validasi Rencana Pembelajaran

No	Aspek penilaian	Validator		Rata-rata	%
		1	2		
I	Perumusan tujuan pembelajaran				
1	Kejelasan kompetensi inti dan kompetensi dasar	4	4	4	
2	Kesesuaian kompetensi inti dan kompetensi dasar dengan tujuan pembelajaran	4	4	4	
3	Ketepatan penjabaran kompetensi dasar ke dalam indikator	4	4	4	
4	Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran	4	3	3,5	
5	Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan peserta didik	4	4	4	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek I</i>			19,5	97,5%

No	Aspek penilaian		Validator		Rata-rata	%
			1	2		
	Skor rata-rata (\bar{K}_1) aspek I				3,9	97,5%
II	Isi					
	1	Sistematika peyusunan rencana pembelajaran	4	4	4	
	2	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model <i>reseach based learning</i>	4	3	3,5	
	3	Kejelasan tahap-tahap kegiatan pembelajaran dari pendahuluan, isi, dan penutup	4	3	3,5	
	Jumlah skor rata-rata aspek II				11	
	Skor rata-rata (\bar{K}_1) aspek II				3,67	91,68%
III	Bahasa dan Tulisan					
	1	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan benar	4	4	4	
	2	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif dan mudah dipahami	3	3	3	
	Jumlah skor rata-rata aspek III				7	
	Skor rata-rata (\bar{K}_1) aspek III				3,5	87,5%
IV	Waktu					
	1	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan	4	3	3,5	
	2	Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran	4	3	3,5	
	Jumlah skor rata-rata aspek IV				7	
	Skor rata-rata (\bar{K}_1) aspek IV				3,5	87,5%
	Total skor keseluruhan aspek ($\sum j = \bar{K}_1$)				14,57	
	Skor rata-rata keseluruhan aspek (\bar{V}_r)				3,6425	91,06%

Berdasarkan hasil rekapitulasi hasil validasi terhadap rencana pembelajaran yang ditunjukkan pada tabel 4.3 diuraikan sebagai berikut :

- 1) Aspek perumusan tujuan pembelajaran yang diharapkan setelah kegiatan pembelajaran mendapatkan skor rata-rata sebesar 4 dan persentase sebesar 97,5%.
- 2) Aspek isi dari rencana pembelajaran mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,67 dan persentase sebesar 91,68%.
- 3) Aspek bahasan dan tulisan dalam rencana pembelajaran mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,5 dan persentase sebesar 87,5%.

- 4) Aspek alokasi waktu dalam rencana pembelajaran mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,5 dan persentase sebesar 87,5%.

Berdasarkan ketiga aspek tersebut maka diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi rencana pembelajaran sebesar 3,64 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 91,06% . Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang $3 \leq \bar{V}_r < 4$ maka rencana pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid. Adapun catatan yang diberikan oleh validator mengenai rencana pembelajaran yang telah dikembangkan antara lain :

- 1) Validator 1 memberikan saran, “Perhatikan alokasi waktu disetiap kegiatan pembelajaran”
- 2) Validator 2 memberikan saran, “Perbaiki tata tulis .”

b. Hasil Validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Teknik validasi LKM yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan pertanyaan berskala likert 1-4 dengan menggunakan pertanyaan berskala. Validator diminta untuk memberi skor antara 1-4 sesuai dengan karakteristik pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian validator. Hasil rekapitulasi validasi LKM dari para validator pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Validasi LKM

No	Aspek Penelitian	Validator		Rata-rata	%	
		1	2			
I	Format					
	1	LKM memiliki petunjuk pengerjaan yang jelas	3	4	3,5	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek I</i>				3,5	
	<i>Skor rata-rata (\bar{K}_I) aspek I</i>				3,5	87,5%
II	Bahasa dan Tulisan					
	1	Soal dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan penafsiran ganda	4	4	4	
	2	Menggunakan istilah-istilah yang mudah dipahami	4	3	3,5	
	3	Dirumuskan dengan mengikuti kaedah bahasa indonesia yang baku (EYD)	3	4	3,5	

No	Aspek Penelitian		Validator		Rata-rata	%
			1	2		
4	Bahasa yang digunakan komunikatif	4	3	3,5		
<i>Jumlah skor rata-rata aspek II</i>					14,5	
<i>Skor rata-rata (\bar{K}_I) aspek II</i>					3,63	90,75%
III	Isi					
1	LKM disajikan secara sistematis	4	4	4		
2	Kebenaran konsep/materi	4	3	3,5		
3	Masalah yang diangkat sesuai kognisi peserta didik	3	4	3,5		
4	Setiap kegiatan mempunyai tujuan yang jelas	4	4	4		
5	Kegiatan yang disajikan	4	3	3,5		
6	Penyajian LKM menarik	3	4	3,5		
<i>Jumlah skor rata-rata aspek III</i>					22	91,67%
<i>Skor rata-rata (\bar{K}_I) aspek III</i>					3,67	
<i>Total skor keseluruhan aspek ($\sum j = \bar{K}_I$)</i>					40	
<i>Skor rata-rata keseluruhan aspek (\bar{V}_r)</i>					3,63	90,90%

Berdasarkan hasil rekapitulasi hasil validasi terhadap LKM yang ditunjukkan pada tabel 4.3 diuraikan sebagai berikut :

- 1) Aspek format dari LKM mendapatkan skor rata-rata sebesar 3.5 dan persentase sebesar 87,5%
- 2) Aspek bahasan dan tulisan dalam LKM mendapatkan skor rata-rata sebesar 3.63 dan persentase sebesar 90,75%
- 3) Aspek isi dari LKM mendapatkan skor rata-rata sebesar 3.83 dan persentase sebesar 91,67%.

Berdasarkan keempat aspek tersebut maka diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi LKM sebesar 3,63 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 90,90% . Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang $3 \leq \bar{V}_r < 4$ maka rencana pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid. Adapun catatan yang diberikan oleh validator mengenai rencana pembelajaran yang telah dikembangkan antara lain :

- 1) Validator 1 memberikan saran, “Sebaiknya pada LKM gunakan graf yang lebih bervariasi. .“
- 2) Validator 2 memberikan saran, “ Sebaiknya tambahkan nama untuk gambar dan tabel .”

c. Hasil Validasi TAR

Teknik validasi TAR yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan pertanyaan berskala likert 1-4 dengan menggunakan pertanyaan berskala. Validator diminta untuk memberi skor antara 1-4 sesuai dengan karakteristik pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian validator. Hasil rekapitulasi validasi TAR dari para validator pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Validasi TAR

No	Aspek Penilaian	Validator		Rata-rata	%	
		1	2			
I	Format					
	1	Kejelasan petunjuk mengerjakan pada THB	3	3	3	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek I</i>				3	
	<i>Skor rata-rata (\bar{K}_I) aspek I</i>				3	75%
II	Bahasa dan Tulisan					
	1	Soal dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan penafsiran ganda	4	3	3,5	
	2	Dirumuskan dengan mengikuti kaedah bahasa indonesia yang benar (EYD)	4	4	4	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek II</i>				7,5	
	<i>Skor rata-rata (\bar{K}_I) aspek II</i>				3,75	93,75%
III	Isi					
	1	Kesesuaian soal tes dengan materi <i>Locating Dominating Set</i>	3	4	3,5	
	2	Tingkat kesulitan soal tes sesuai dengan kemampuan kognitif peserta didik	3	4	3,5	
	3	Alokasi waktu sesuai dengan jumlah soal dan tingkat kesulitan soal	3	4	3,5	
	4	Permasalahan pada soal tes mampu mengukur/menganalisis kemampuan berfikir kreatif dan inovatif peserta didik	4	4	4	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek III</i>				14,5	
	<i>Skor rata-rata (\bar{K}_I) aspek III</i>				3,63	90,75%
	<i>Total skor keseluruhan aspek ($\sum_{j=1}^4 \bar{K}_I$)</i>				10,38	
<i>Skor rata-rata keseluruhan aspek (\bar{V}_r)</i>				3,46	86,5%	

Berdasarkan hasil rekapitulasi hasil validasi terhadap TAR yang ditunjukkan pada tabel 4.5 diuraikan sebagai berikut :

- 1) Aspek format dari TAR mendapatkan skor rata-rata sebesar 3 dan persentase sebesar 75%
- 2) Aspek bahasan dan tulisan dalam TAR mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,75 dan persentase sebesar 93,75%.
- 3) Aspek isi dari TAR mendapatkan skor rata-rata sebesar 3.63 dan persentase sebesar 90,75%

Berdasarkan keempat aspek tersebut maka diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi TAR sebesar 3,46 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 86,5%. Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang $3 \leq r < 4$ maka TAR yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid. Adapun catatan yang diberikan oleh validator mengenai rencana pembelajaran yang telah dikembangkan antara lain :

- 1) Validator 1 memberikan saran, “Sebaiknya tambahkan alokasi waktu.”
- 2) Validator 2 memberikan saran, “Perbaiki tata tulis.”

Kepraktisan perangkat pembelajaran diketahui melalui analisis aktivitas mahasiswa dan aktivitas dosen pada saat mengelola kegiatan pembelajaran dikelas. Pada penelitian ini pengamatan dilakukan oleh tiga orang observer sesuai dengan kriteria dari kualitas perangkat pembelajaran dalam bab 3 maka perangkat pembelajaran dikatakan praktis apabila tingkat pencapaian kemampuan dosen dalam kegiatan pembelajaran berdasarkan aktivitas dosen mencapai ≥ 3 .

Kemampuan dosen dalam mengelola pembelajaran Observasi aktivitas dosen dilakukan sebanyak 3 kali pertemuan. Skor hasil yang diberikan oleh observer kemudian direkap dan dianalisis. Adapun rekapitulasi skor hasil observasi aktivitas dosen dalam mengelola kelas ditunjukkan pada tabel 4.5 :

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Skor Hasil Observasi Aktivitas Dosen dalam Mengelola Kelas

Tahap	Indikator	Skor pertemuan ke-		Rata-rata	Rata-rata %
		1	2		
Awal	Memotivasi mahasiswa	4	4	4	100%

Tahap	Indikator	Skor pertemuan ke-		Rata-rata	Rata-rata %
		1	2		
	Menyajikan/memberikan masalah	4	3,67	3,84	95,87%
	Menyampaikan langkah-langkah pembelajaran	4	4	4	100%
Inti	Mengorganisasikan mahasiswa dalam kelompok belajar yang heterogen	3,67	3,67	3,67	91,75%
	Mengorganisasikan mahasiswa dalam kelompok belajar yang heterogen	3,67	3,67	3,67	91,75%
	Mendorong mahasiswa untuk terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran	4	3,67	3,84	95,87%
	Membimbing mahasiswa maupun kelompok untuk mengerjakan LKM	4	4	4	100%
	Memotivasi kepada kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas	3,33	3,67	3,5	87,5%
	Mendorong mahasiswa untuk membandingkan dan mendiskusikan jawabannya dalam diskusi kelas	3,67	3,67	3,67	91,75%
Akhir	Kegiatan akhir pembelajaran	3,67	4	3,84	95,87%
rata-rata skor		3,77	3,80	3,80	
persentase skor		94,25%	95%		95,32%

Berdasarkan nilai indikator yang ada pada lembar observasi maka nilai indikator dari setiap pertemuan rata-rata keseluruhan skor hasil observasi dosen yaitu 3,80 dan presentase rata-rata sebesar 95,32% yang artinya memenuhi kriteria baik

d. Uji Keefektifan

Tiga indikator yang digunakan dalam mengukur keefektifan perangkat yaitu hasil aktivitas riset, hasil observasi aktivitas mahasiswa dan respon mahasiswa terhadap pembelajaran. Data dan analisis keefektifan perangkat dijelaskan sebagai berikut.

1) Analisis hasil tes akhir riset (TAR)

Tes akhir riset dilaksanakan untuk mengambil data nilai pos tes. Nilai pos tes yang berupa tes akhir riset mahasiswa setelah mengikuti kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model *research based learning* yang telah dikembangkan oleh peneliti berfungsi mengetahui ketuntasan belajar mahasiswa secara kelompok. Subjek penelitian sebanyak 71 mahasiswa yang terdiri dari 41 mahasiswa kelas eksperimen dan 30 mahasiswa dari kelas kontrol. Berdasarkan hasil penelitian di kelas eksperimen sebanyak 35 mahasiswa memperoleh nilai di atas 70 dan 6 mahasiswa memperoleh nilai di bawah 70. Hal ini berarti 85% mahasiswa di kelas eksperimen telah memenuhi kriteria ketuntasan belajar. Sedangkan di kelas kontrol terdapat 16 mahasiswa memperoleh nilai di atas 70 dan 14 mahasiswa memperoleh nilai di bawah 70. Maka 55% mahasiswa di kelas kontrol telah memenuhi kriteria ketuntasan belajar. Banyak mahasiswa yang tuntas berdasarkan hasil belajarnya secara klasikal berarti mahasiswa telah mampu memahami konsep *rainbow antimagic coloring* yang sudah dipelajarinya. Dengan kata lain banyaknya mahasiswa yang tuntas memenuhi kriteria dapat dikaitkan dengan kemampuan dosen dalam mengelola kelas serta dapat menggunakan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan dengan baik. Pada penelitian ini dosen melakukan pengelolaan pembelajaran dengan baik hal tersebut dapat dilihat dari suasana kelas dimana mahasiswa bersikap aktif dalam diskusi, cara dosen memberikan penjelasan serta membimbing mahasiswa yang membutuhkan bantuan dalam belajar. Faktor eksternal yang juga mempengaruhi hasil belajar yaitu mahasiswa kurang memahami cara mencari dan memprediksi pola, cara mengelompokkan bilangan kromatik yang memiliki pola yang sama dan kesulitan dalam membuat

fungsi secara umum. Selain faktor yang telah disampaikan, perbedaan kemampuan mahasiswa dalam menyerap informasi yang diberikan juga mempengaruhi hasil tes akhir riset.

2) Hasil observasi aktivitas mahasiswa

Data pengamatan aktivitas mahasiswa dalam mengikuti pembelajaran dianalisis sesuai yang dinyatakan pada bab 3. Berdasarkan data analisis aktivitas mahasiswa, hasilnya ditampilkan pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi pengamatan Aktivitas Mahasiswa

Tahap	Indikator	Skor Pertemuan ke-		Rata-rata	Rata-rata (%)
		1	2		
Awal	Kegiatan Awal Pembelajaran	4	3,67	3,84	96%
Inti	Mahasiswa berdiskusi antar anggota kelompok dalam menyelesaikan masalah (memahami masalah, menjelaskan masalah dan menyelesaikan masalah)	3,67	3,33	3,5	87,5%
	Mahasiswa dapat mempresentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas dengan baik	3	3,67	3,33	83,33%
	Mahasiswa dapat membandingkan dan mendiskusikan jawaban dengan kelompok lain	3,67	4	3,84	96%
Akhir	Kegiatan akhir pembelajaran	3,67	3,67	3,67	92%
rata-rata skor		3,60	3,66	3,63	90,75%
persentase skor		90,05%	91,5%		91,15%

Penilaian aktivitas mahasiswa dilakukan pada sepuluh kelompok mahasiswa yang terdiri atas 2-3 mahasiswa. Berdasarkan tabel diatas maka diperoleh bahwa persentase aktivitas mahasiswa pada pertemuan pertama

90,05% ; dan pertemuan kedua mencapai 91,5%. Maka berdasarkan kriteria keaktifan mahasiswa skor rata-rata memenuhi kriteria baik.

3) Hasil respon mahasiswa terhadap pembelajaran

Data hasil respon mahasiswa terhadap pembelajaran akan diambil melalui lembar angket respon mahasiswa diisi oleh 30 mahasiswa. Adapun hasil rekapitulasi respon mahasiswa terhadap pembelajaran ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Respon Mahasiswa terhadap Pembelajaran

No	Aspek yang dinilai	Jumlah jawaban		Persentase jawaban	
		Ya	Tidak	Ya	Tidak
1	Apakah anda merasa senang terhadap komponen pembelajaran berikut ini?				
	Materi pembelajaran	30	0	100	0
	Lembar Kerja Mahasiswa	29	1	97	3
	Suasana pembelajaran	28	2	93	7
	Cara dosen mengajar	29	1	97	3
2	Apakah komponen pembelajaran berikut baru?				
	Materi pembelajaran	30	0	100	0
	Lembar Kerja Mahasiswa	23	7	77	23
	Suasana Pembelajaran	15	15	50	50
	Cara Dosen Mengajar	19	11	63	37
3	Apakah anda berminat mengikuti pembelajaran ini?	30	0	100	0
4	Apakah anda dapat memahami dengan jelas bahasa yang digunakan pada:				
	Lembar Kerja Mahasiswa	30	0	100	0
	Lembar soal tes hasil belajar	30	0	100	0
5	Apakah anda dapat mengerti maksud setiap soal/masalah yang disajikan pada:				
	Lembar Kerja Mahasiswa	30	0	100	0
	Lembar soal tes hasil belajar	30	0	100	0
6	Apakah anda tertarik dengan penampilan (tulisan, gambar dan letak gambar) pada:				
	Lembar Kerja Mahasiswa	30	0	100	0
	Lembar soal tes hasil belajar	16	14	59	41
7	Apakah anda senang berdiskusi dengan anggota kelompok untuk menyelesaikan masalah dengan saling bertukar hasil jawaban?	30	0	100	0
	Rata-rata	30,69	3,31	84	9,75

Berdasarkan hasil analisis tiap item pertanyaan yang ada pada angket respon mahasiswa pada tabel 4.10 jawaban positif terendah ada pada pertanyaan ke dua poin ke-3 yaitu sebesar 50%. Pernyataan dengan skor terendah tersebut terkait dengan suasana mengajar di kelas. Secara keseluruhan, persentase rata-rata setiap pertanyaan adalah 94,90% menjawab “iya” dan 5,1% menjawab “tidak”. Hal tersebut menandakan bahwa rata-rata mahasiswa menyukai perangkat pembelajaran yang digunakan. Sehingga sesuai kriteria yang telah ditetapkan, maka perangkat pembelajaran efektif dan dapat digunakan. Berdasarkan data secara keseluruhan maka dapat dianalisis prospek perangkat pembelajaran yang dikembangkan telah valid dengan beberapa revisi, kemudian, data yang diambil pada saat uji coba produk menunjukkan produk kriteria praktis dan efektif.

4.2.2 Hasil Pengembangan Setelah Validasi

Hasil pengembangan perangkat berupa Rencana Pembelajaran (SAP), Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), dan Tes Aktivitas Riset (TAR). Tujuan dari pengembangan perangkat pada penelitian ini untuk menganalisis keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. Berikut akan ditampilkan hasil pengembangan rencana pembelajaran (SAP):

KEGIATAN PEMBELAJARAN		ESTIMASI WAKTU
Kegiatan Pendahuluan		15'
Dosen	Mahasiswa	
1. Membuka dengan salam dan doa	1. Mengucapkan salam dan doa	2'
2. Menyampaikan tujuan pembelajaran yaitu mengetahui konsep dasar graf (kardinalitas)	2. Memperhatikan dan jika perlu mencatat tujuan pembelajaran	3'
3. Membangkitkan pengetahuan mahasiswa dengan memberikan contoh-contoh penerapan graf dalam kehidupan sehari-hari	3. Memperhatikan contoh yang diberikan dosen	5'
4. Menjelaskan bahan kajian yang akan dipelajari tentang kardinalitas graf, <i>rainbow coloring</i> dan <i>rainbow connection number</i>	4. Mendengarkan penjelasan dosen terkait bahan kajian yang akan dipelajari tentang kardinalitas graf, <i>rainbow coloring</i> dan <i>rainbow connection number</i>	5'
Kegiatan Inti		75'
Dosen	Mahasiswa	
1. Membagi mahasiswa dalam beberapa kelompok yang heterogen	1. Membentuk kelompok belajar sesuai arahan dosen	5'
2. Membagikan LKM untuk	2. Menerima LKM yang diberikan dosen	5'
3. Menjabarkan konsep	3. Menerima referensi	10'

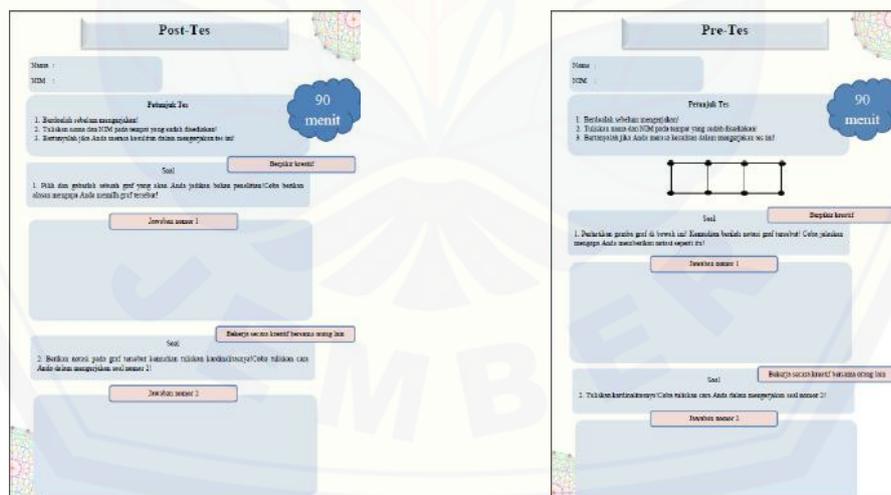
Gambar 4. 4 Pengembangan Rencana Pembelajaran (SAP)

Selain Rencana Pembelajaran (SAP), peneliti juga mengembangkan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) yang telah divalidasi dan direvisi. Berikut akan ditampilkan hasil pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM):



Gambar 4. 5 Cover dan isi LKM yang sudah dikembangkan

Selanjutnya akan ditampilkan Tes Aktivitas Research (TAR). Tes Aktivitas Riset yang dimaksud berupa soal pos tes. Soal pos tes berupa beberapa soal essay. Berikut akan ditampilkan hasil pengembangan Tes Aktivitas Riset (TAR):



Gambar 4. 6 Pos tes yang sudah dikembangkan

4.3 Penerapan Research Based Learning

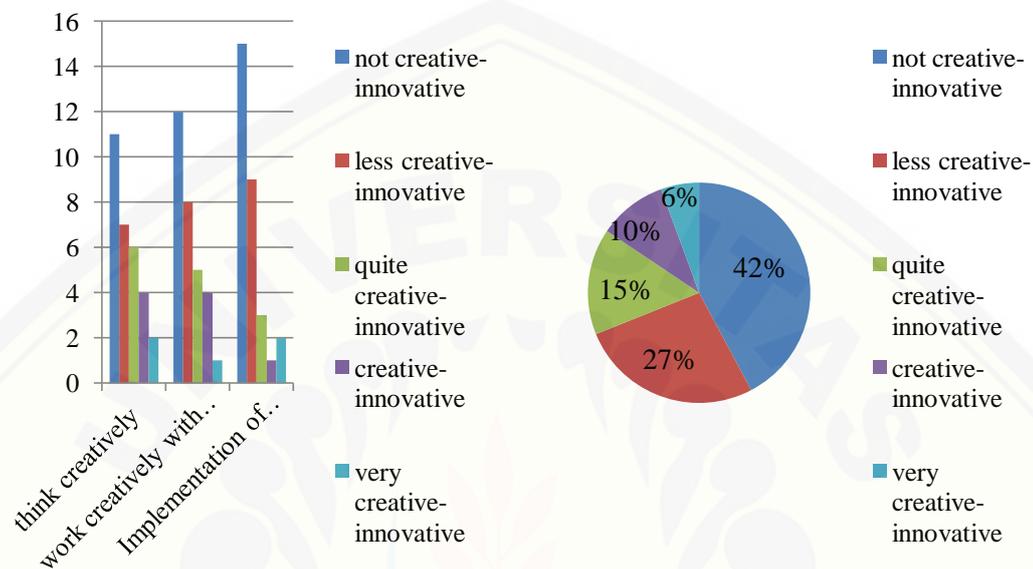
Setelah perangkat dikembangkan, perangkatakan digunakan untuk diterapkan pada mahasiswa. Penelitian dilakukan di dalam dua kelas yaitu kelas kontrol dan eksperimen. Kelas kontrol berisi 30 mahasiswa sedangkan kelas

eksperimen berisi 41 siswa. Pemberian LKM dengan model *research based learning* sebanyak 1 kali pertemuan pada kelas eksperimen. LKM dengan model *research based learning* hanya diberikan untuk kelas eksperimen yang nantinya akan digunakan meningkatkan keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam kajian *rainbow antimagic coloring*.

4.3.1 Analisis Pre Tes

Data pretes dan postes diambil dari kelas kontrol dan kelas eksperimen. Penerapan analisis data kuantitatif yaitu melakukan uji t-test sedangkan data kualitatif menggunakan wawancara, observasi dan analisis data ordinal. Data deskriptif dan inferensial digunakan untuk menganalisis data kualitatif dan kuantitatif. Data statistik diperoleh dari nilai rata, standar deviasi, frekuensi. Data inferensial diperoleh dari uji normalitas, uji homogenitas dan uji independent yang dilakukan pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kedua kelas tersebut memperoleh perlakuan yang berbeda, kelas eksperimen menggunakan model pembelajaran *research based learning* sedangkan kelas kontrol menggunakan model pembelajaran konvensional. Pada kelas eksperimen yang menggunakan model pembelajaran *research based learning* maka analisis dilakukan dengan uji t-test. Sampel independen digunakan untuk membandingkan kedua kelas tersebut dengan nilai signifikansi perbedaan pada tingkat 0,05. Hasil penelitian adalah pre tes dan pos tes pada kelas kontrol dan kelas eksperimen yang berjumlah 71 mahasiswa. Pre tes digunakan untuk mengetahui keterampilan berpikir kreatif-inovatif awal mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*. Soal pre tes berisi permasalahan *rainbow antimagic coloring* dan terdiri dari 3 indikator keterampilan berpikir kreatif-inovatif. Sedangkan pos tes terdiri dari 5 soal untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa setelah pembelajaran menggunakan model *research based learning* melalui LKM. Berdasarkan hasil pre tes dari kelas kontrol dan kelas eksperimen memiliki varians yang sama. Dari 30 mahasiswa yang mengikuti pretes pada kelas kontrol di peroleh persentase setiap indikator yaitu 42% termasuk tidak kreatif-inovatif, 27% kurang kreatif-inovatif, 15% cukup kreatif-inovatif, 10% kreatif-inovatif,

dan 6% sangat kreatif-inovatif. Dari 41 mahasiswa yang mengikuti pretes pada kelas eksperimen di peroleh persentase setiap indikator yaitu 34% tidak kreatif-inovatif, 16% kurang kreatif-inovatif, 15% cukup kreatif-inovatif, 15% kreatif-inovatif, dan 20% sangat kreatif-inovatif.



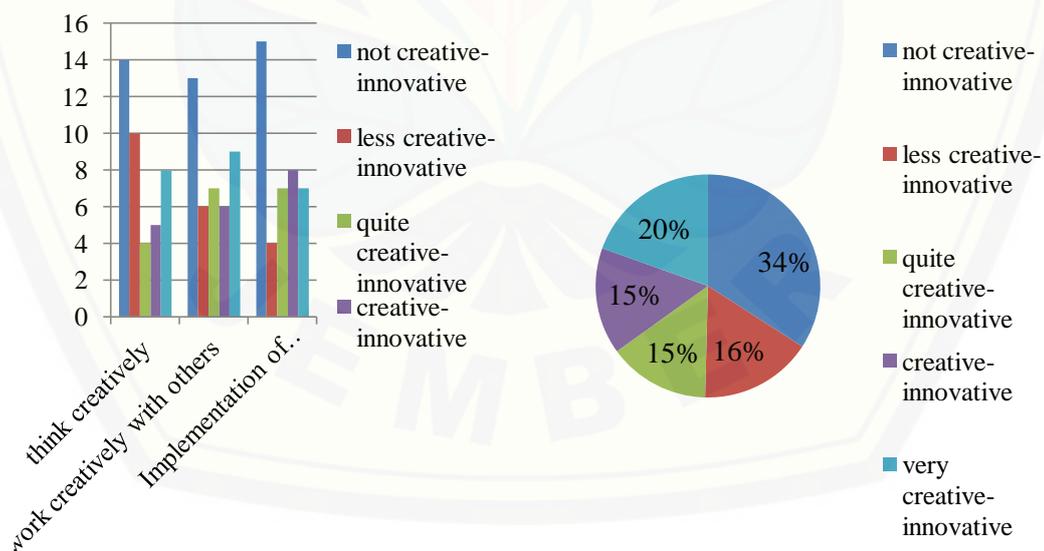
Grafik 4. 1 Persentase Pretes dari kelas kontrol

Berikut analisis data pre tes mahasiswa pada setiap indikator kreatif-inovatif dari kelas eksperimen. Indikator 1 yang terdiri dari tiga sub indikator yaitu menggunakan cakupan yang luas untuk mengkreasi suatu ide (A1), membuat sesuatu yang baru (A2) dan mengkolaborasi ide-ide untuk meningkatkan hasil kreatif (A3). Untuk sub indikator A1 terdapat 2 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 4 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 24 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator A2 terdapat 1 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 4 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 25 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator A3 terdapat 2 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 1 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 27 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Indikator 2 yang terdiri dari tiga sub indikator yaitu mengembangkan, menerapkan dan mengkomunikasikan ide baru dengan orang lain (B1), terbuka

terhadap sesuatu yang baru dan berbeda (B2) dan bekerja dalam kelompok dan meningkatkan hasil (B3). Untuk sub indikator B1 terdapat 3 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 5 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 22 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator B2 terdapat 4 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 4 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 22 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator B3 terdapat 3 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 2 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 25 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Indikator 3 yang terdiri dari satu sub indikator yaitu implementasi novasi (C1). Untuk sub indikator C1 terdapat 4 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 3 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 23 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif



Grafik 4. 2 Persentase Pretes dari kelas eksperimen

Berikut analisis data pre tes mahasiswa pada setiap indikator kreatif-inovatif dari kelas eksperimen. Indikator 1 yang terdiri dari tiga sub indikator yaitu menggunakan cakupan yang luas untuk mengkreasi suatu ide (A1), membuat

sesuatu yang baru (A2) dan mengkolaborasi ide-ide untuk meningkatkan hasil kreatif (A3). Untuk sub indikator A1 terdapat 8 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 5 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 28 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator A2 terdapat 10 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 7 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 21 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator A3 terdapat 5 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 10 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 26 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Indikator 2 yang terdiri dari tiga sub indikator yaitu mengembangkan, menerapkan dan mengkomunikasikan ide baru dengan orang lain (B1), terbuka terhadap sesuatu yang baru dan berbeda (B2) dan bekerja dalam kelompok dan meningkatkan hasil (B3). Untuk sub indikator B1 terdapat 9 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 6 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 26 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator B2 terdapat 7 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 9 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 25 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator B3 terdapat 10 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 7 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 24 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Indikator 3 yang terdiri dari satu sub indikator yaitu implementasi novasi (C1). Untuk sub indikator C1 terdapat 7 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 8 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 26 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Tahap selanjutnya yaitu menganalisis data yang diperoleh dari pre tes dan pos tes menggunakan program R. Analisis data yang akan dilakukan adalah metode kuantitatif. Adapun uji statistik yang dilakukan pada kedua kelas tersebut

yaitu uji normalitas, uji homogenitas dan uji independent. Langkah pertama pada analisis menggunakan R adalah tes homogenitas dari kedua kelas untuk mengetahui kemampuan dari kedua kelas sama atau tidak yang tersaji pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Uji Homogenitas pada Data Pre-tes Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.691	1	69	.059

Hasil tabel 4.8 diperoleh nilai signifikansi senilai 0.59. Karena signifikansi lebih dari 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa pretes dari kelas kontrol dan kelas eksperimen mempunyai varian yang sama.

Berdasarkan Tabel 4.9 di bawah tabel shapiro wilk menunjukkan nilai signifikan kelas kontrol sebesar 0.535 dan kelas eksperimen 0.586. Karena signifikansi dari kedua data tersebut lebih dari 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa kedua kelas tersebut berdistribusi normal.

Tabel 4. 9 Uji Normalitas Data Pre tes dari kelas kontrol dan kelas eksperimen

GROUP		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
PRE TEST	Experimental Class	.135	41	.059	.978	41	.586
	Control Class	.075	30	.200*	.970	30	.535

Setelah asumsi normalitas dan homogenitas terpenuhi, selanjutnya dilakukan uji independen t-tes. Uji independen t-tes dilakukan dengan tujuan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan pada kelas kontrol dan kelas eksperimen berdasarkan hasil pre tes. Berdasarkan hasil uji independen t-tes didapatkan hasil sig.=0,154. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan karena $0,154 > 0,05$.

Tabel 4. 10 Uji independent t-test Pre tes dari kelas kontrol dan kelas eksperimen

		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
RESULT	Equal variances assumed	2.081	.154	3.329	69	.001	4.980	1.496	1.995	7.964
	Equal variances not assumed			3.479	68.945	.001	4.980	1.431	2.124	7.835

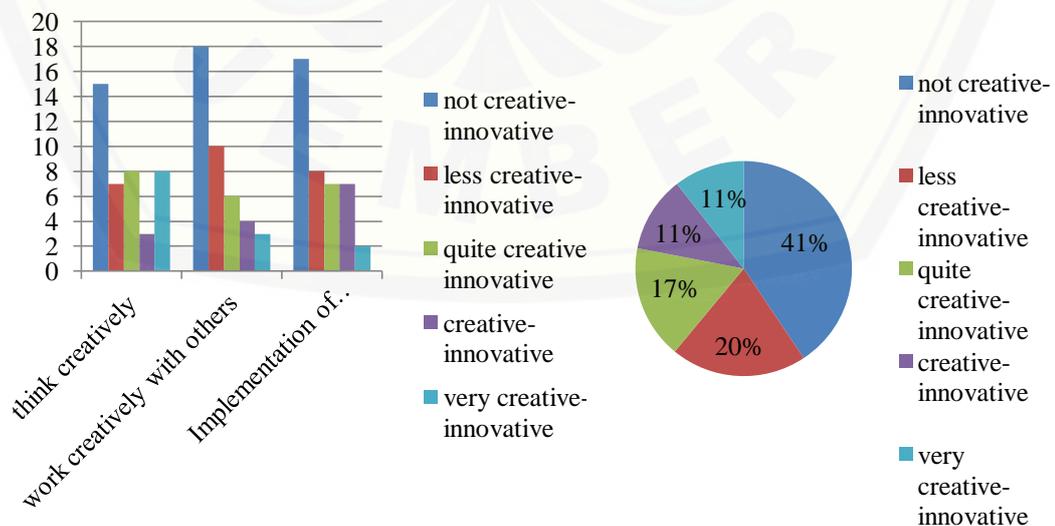
4.3.2 Analisis Pos Tes

Setelah dilakukan pre tes untuk mengetahui tidak ada perbedaan signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, selanjutnya dilakukan pre tes dan diberi perlakuan yang berbeda maka dilakukan pos tes guna mengetahui kemampuan akhir mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran. Pos tes terdiri dari 5 soal *rainbow antimagic coloring* yang terdapat 3 indikator keterampilan berpikir kreatif-inovatif. Berikut analisis data pos tes mahasiswa pada setiap indikator kreatif-inovatif dari kelas kontrol. Indikator 1 yang terdiri dari tiga sub indikator yaitu menggunakan cakupan yang luas untuk mengkreasi suatu ide (A1), membuat sesuatu yang baru (A2) dan mengkolaborasi ide-ide untuk meningkatkan hasil kreatif (A3). Untuk sub indikator A1 terdapat 8 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 3 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 19 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator A2 terdapat 6 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 4 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 20 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator A3 terdapat 4 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 5 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 21 mahasiswa lainnya ada

dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Indikator 2 yang terdiri dari tiga sub indikator yaitu mengembangkan, menerapkan dan mengkomunikasikan ide baru dengan orang lain (B1), terbuka terhadap sesuatu yang baru dan berbeda (B2) dan bekerja dalam kelompok dan meningkatkan hasil (B3). Untuk sub indikator B1 terdapat 3 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 4 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 23 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator B2 terdapat 5 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 5 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 20 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator B3 terdapat 4 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 5 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 21 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Indikator 3 yang terdiri dari satu sub indikator yaitu implementasi novasi (C1). Untuk sub indikator C1 terdapat 2 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 7 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 21 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif

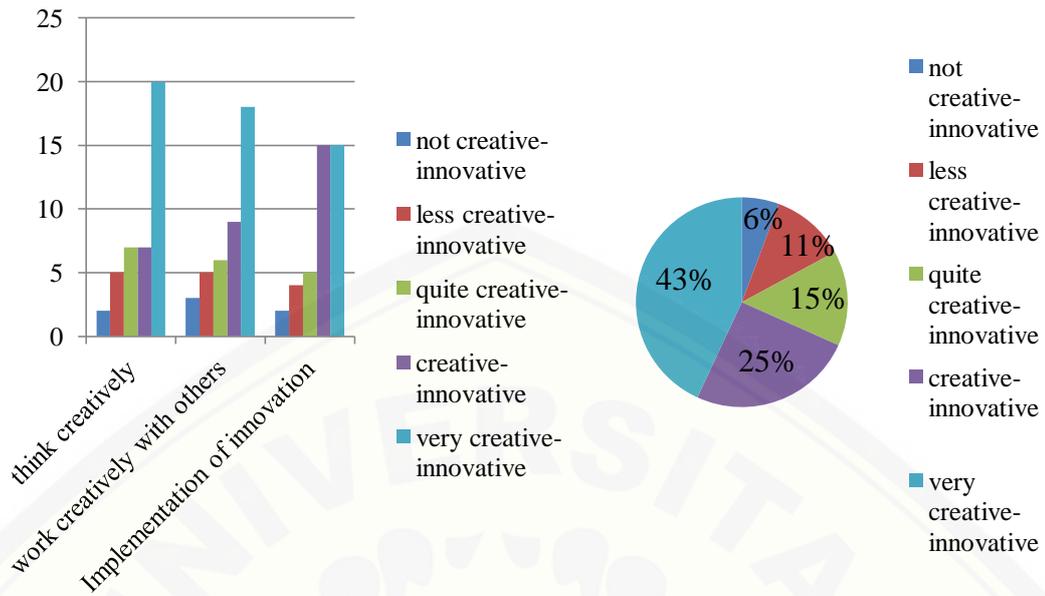


Grafik 4. 3 Presentase Data Pos tes Kelas Kontrol

Berikut analisis data pos tes mahasiswa pada setiap indikator kreatif-inovatif dari kelas eksperimen. Indikator 1 yang terdiri dari tiga sub indikator yaitu menggunakan cakupan yang luas untuk mengkreasi suatu ide (A1), membuat sesuatu yang baru (A2) dan mengkolaborasi ide-ide untuk meningkatkan hasil kreatif (A3). Untuk sub indikator A1 terdapat 20 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 7 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 14 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator A2 terdapat 18 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 9 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 14 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator A3 terdapat 15 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 8 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 17 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Indikator 2 yang terdiri dari tiga sub indikator yaitu mengembangkan, menerapkan dan mengkomunikasikan ide baru dengan orang lain (B1), terbuka terhadap sesuatu yang baru dan berbeda (B2) dan bekerja dalam kelompok dan meningkatkan hasil (B3). Untuk sub indikator B1 terdapat 18 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 9 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 14 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator B2 terdapat 17 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 9 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 15 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif. Sub indikator B3 terdapat 15 mahasiswa sangat kreatif-inovatif dan 7 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 19 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.

Indikator 3 yang terdiri dari satu sub indikator yaitu implementasi novasi (C1). Untuk sub indikator C1 terdapat 15 mahasiswa sangat kreatif-inovatif sangat tinggi dan 15 mahasiswa kreatif-inovatif. Sedangkan 11 mahasiswa lainnya ada dalam kategori cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif dan tidak kreatif-inovatif.



Grafik 4. 4 Presentase Data Pos tes Kelas Eksperimen

Sebelum dilakukan uji pengaruh hasil skor post-test terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, perlu dilakukan uji normalitas, homogenitas, uji mean, dan uji independent sample t-test pada hasil post-test. Uji normalitas menggunakan uji Saphiro-Wilk. Hasil perhitungan uji normalitas post-test keterampilan berpikir kreatif-inovatif masing-masing kelas tersaji pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Uji Normalitas Data Pos tes

GROUP		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
POS TES	Experimental Group	.200	11	.200*	.926	11	.372
	Control Group	.079	60	.200*	.971	60	.167

Berdasarkan tabel 4.11 hasil uji normalitas pada hasil pos tes pada kelas kontrol dan kelas eksperimen berdistribusi normal karena nilai signifikansi kelas kontrol 0.167 dan kelas eksperimen 0.372 lebih dari 0.05 sehingga kedua data tersebut berdistribusi normal.

Data analisis postes uji homogenitas kelas kontrol dan kelas eksperimen berdistribusi homogen dengan nilai sig. 0.086 > 0.05. Karena signifikansi lebih

dari 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa pretes dari kelas kontrol dan kelas eksperimen mempunyai varian yang sama.

Tabel 4. 12 Uji Homogenitas Data Pos tes dari Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.039	1	69	.086

4.3.3 Uji Hipotesis

Selanjutnya akan diuji pengaruh research based learning terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif menggunakan uji independen t-tes.

Tabel 4. 13 Uji Pengaruh menggunakan independen T-tes

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil Belajar	Eksperimen	41	74.22	5.637	.880
	Kontrol	30	68.57	5.042	.921

		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
HASIL BELAJAR	Equal variances assumed	.317	.575	4.36	69	.000	5.653	1.296	3.067	8.239
	Equal variances not assumed			4.43	66.1	.000	5.653	1.274	3.110	8.196

Hipotesis:

H_0 : tidak ada pengaruh research based learning terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa

H_1 : ada pengaruh research based learning terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa

Dengan kriteria pengujian terima H_0 jika nilai signifikansi atau nilai probabilitas lebih dari 0,05 maka H_0 diterima dan H_1 jika nilai signifikansi atau nilai probabilitas kurang dari 0,05, maka H_0 ditolak. Berdasarkan Tabel di atas

diketahui bahwa $\text{Sig}(2\text{-tailed}) < 0,05$ maka H_0 ditolak, artinya bahwa ada pengaruh *research based learning* terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. Dapat disimpulkan bahwa hasil post tes antara kelas kontrol dan kelas eksperimen ada perbedaan yang signifikan setelah diterapkan *research based learning* di dalam pembelajarannya. Kelas eksperimen rata-ratanya sebesar 74,22 sedangkan kelas kontrol memiliki rata-rata 68,57 artinya bahwa rata-rata hasil keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa kelas eksperimen lebih tinggi dari pada rata-rata hasil keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa kelas kontrol dan menunjukkan bahwa pembelajaran *research based learning* berpengaruh lebih besar terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif secara signifikan. Artinya hasil penelitian ini memiliki signifikansi sebesar 0,05 maka artinya presentasi penelitian ini memiliki kebenaran sebesar 95% dimana kemungkinan terjadi kesalahan adalah sebesar 5% saja.

Berdasarkan hasil uji normalitas, homogenitas dan independen t-tes pada pretes yang diuji menggunakan SPSS diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua kelas yang digunakan dalam penelitian memiliki kemampuan yang relatif sama. Setelah melakukan pretes, kedua kelas tersebut diberi perlakuan yang berbeda. Kegiatan pembelajaran di kelas kontrol menggunakan model konvensional sedangkan di kelas eksperimen menggunakan pembelajaran dengan model *research based learning*.

Pada akhir pembelajaran dilakukan post tes guna mengetahui kemampuan akhir mahasiswa setelah diterapkan pembelajaran pada kelas masing-masing. Post tes yang digunakan pada penelitian ini berupa tes akhir riset. Hasil analisis menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Jika dibandingkan dengan model lain, *research based learning* dalam penelitian ini memperoleh rata-rata nilai yang lebih tinggi dibanding model konvensional yang diterapkan di kelas kontrol. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil rata-rata yang dihasilkan pada post tes menunjukkan bahwa nilai post tes di kelas eksperimen lebih tinggi dibanding kelas kontrol. Berdasarkan hasil persentase dari setiap indikator pada kelas kontrol dan kelas eksperimen menunjukkan bahwa

terjadi peningkatan persentase nilai yang tinggi pada kelas eksperimen. Kelas eksperimen memiliki peningkatan persentase nilai dari pre tes ke pos tes lebih tinggi dibanding kelas kontrol.

4.3.4 Aktivitas Research Based Learning

Hasil pengembangan perangkat berupa LKM dan TAR. Tujuan dari pengembangan perangkat pada penelitian ini untuk menganalisis keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. Adapun indikator keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam konsep *rainbow antimagic coloring*:

1. Berpikir kreatif

- Mahasiswa menggunakan cakupan yang luas untuk mengkreasi suatu ide (mencari graf yang berbeda dengan mahasiswa yang lain)
- Mahasiswa membuat sesuatu yang baru (menentukan kardinalitas dari graf yang dipilih)
- Mahasiswa mengkolaborasi ide-ide untuk meningkatkan hasil kreatif (mewarnai sisi graf yang dipilih menggunakan konsep *rainbow antimagic coloring*)

2. Bekerja secara kreatif dengan orang lain

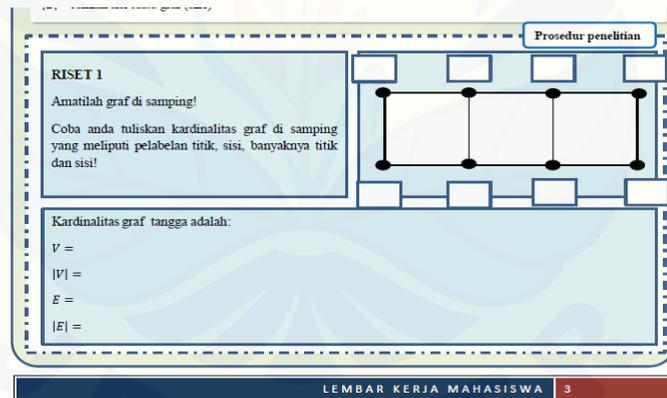
- Mahasiswa mengembangkan, menerapkan dan mengkomunikasikan ide baru dengan orang lain (berdiskusi dengan mahasiswa lain dalam mencari graf yang berbeda dengan mahasiswa yang lain)
- Mahasiswa terbuka terhadap sesuatu yang baru dan berbeda (berdiskusi dengan mahasiswa lain dalam menentukan kardinalitas dari graf yang dipilih)
- Mahasiswa bekerja dalam kelompok dan meningkatkan hasil (berdiskusi dengan mahasiswa lain dalam mewarnai sisi graf yang dipilih menggunakan konsep *rainbow antimagic coloring*)

3. Implementasi inovasi

- Mahasiswa menerapkan implementasi inovasi (menentukan banyaknya warna minimum yang diperlukan agar graf yang dipilih diwarnai dengan konsep *rainbow antimagic coloring*)

Indikator tersebut telah ada dalam setiap langkah penyelesaian dalam LKM yang dikembangkan oleh peneliti guna melatih keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. LKM yang menerapkan indikator berpikir kreatif-inovatif hanyalah LKM dengan materi rainbow antimagic coloring.

Berikut ini akan dijelaskan langkah-langkah *research based learning* dalam LKM. Riset 1 memuat indikator berpikir kreatif, pada riset ini mahasiswa dilatih untuk menentukan kardinalitas dari graf ladder dan mencari pewarnaan rainbow coloringnya. Hal ini dilakukan guna mengukur kreativitas mahasiswa dalam mewarnai sisi sebuah graf. Mahasiswa diminta untuk mencari banyak titik dan banyak sisi pada graf ladder kemudian menamai setiap titik yang ada pada graf dan terakhir mahasiswa diminta untuk mencari fungsi label sisi dan label titik dari suatu graf. Kegiatan ini bertujuan menunjukkan pada mahasiswa bahwa notasi yang diberikan pada graf akan mempengaruhi dalam penulisan himpunan titik dan himpunan sisinya. Selanjutnya mahasiswa diminta mewarnai sisi graf ladder tersebut dengan konsep rainbow coloring yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 4. 7 Riset 1 LKM

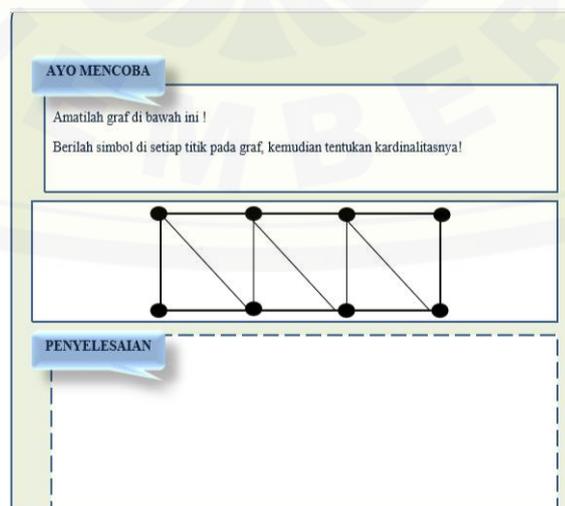
Riset 2 memuat indikator bekerja secara kreatif bersama orang lain, pada riset ini mahasiswa dilatih untuk mewarnai sisi graf ladder dengan konsep rainbow antimagic coloring dan mencari warna minimum yang dibutuhkan. Mahasiswa diminta untuk memberi label pada setiap titik graf tersebut dengan bilangan asli sebanyak titik pada graf, kemudian menjumlahkan warna pada titik-titik yang bertetangga. Dari aktivitas tersebut akan diketahui banyaknya warna minimum yang diperlukan untuk mewarnai graf ladder dengan konsep rainbow

antimagic coloring. Dalam aktivitas ini mahasiswa bisa berdiskusi dengan mahasiswa lain sehingga terjalin komunikasi antar mahasiswa. Kegiatan ini bertujuan menunjukkan pada mahasiswa bahwa melabeli setiap titik pada graf akan memberikan pengaruh terhadap warna sisi yang dihasilkan.



Gambar 4. 8 Riset 2 LKM

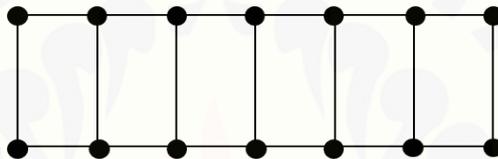
Pada bagian ayo mencoba memuat indikator implementasi inovasi, pada riset ini mahasiswa dilatih untuk menentukan kardinalitas, mewarnai sisi, dan mencari warna minimum dari graf triangular ladder. Mahasiswa diminta untuk mencari kardinalitas, mewarnai sisi, dan mencari warna minimum yang dibutuhkan untuk mewarnai sisi graf triangular ladder seperti yang sudah dijelaskan pada riset 1 dan riset 2. Kegiatan ini bertujuan untuk melatih mahasiswa agar dapat menerapkan atau mengimplementasikan ilmu yang sebelumnya diajarkan khususnya dalam kajian rainbow antimagic coloring.



Gambar 4. 9 Pemberian Notasi pada Graf

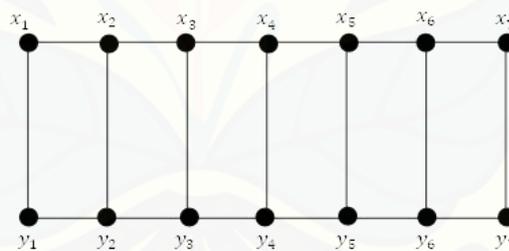
Materi yang digunakan dalam pengembangan perangkat ini yaitu *rainbow antimagic coloring* untuk menganalisis keterampilan ber mahasiswa. Graf temuan yang ditemukan oleh mahasiswa dan peneliti akan dirangkum dalam sebuah monograf. Terdapat lima langkah yang perlu mahasiswa lakukan untuk menemukan rainbow antimagic coloring antara lain: (1) menentukan graf dan kardinalitasnya, (2) menentukan label sisi dari graf, (3) menentukan bobot titik minimum dari graf, (4) mengecek syarat yang berlaku, (5) menentukan banyaknya warna minimum yang diperlukan dari graf tersebut. Berikut salah satu graf hasil temuan peneliti :

- a) Tentukan dan gambar graf yang akan dijadikan objek riset



Gambar 4. 10 Graf Ladder

- b) Tentukan kardinalitasnya



Gambar 4. 11 Pemberian Notasi pada Graf Ladder

Berdasar notasi pada graf ladder sehingga kardinalitas yang terbentuk sebagai berikut :

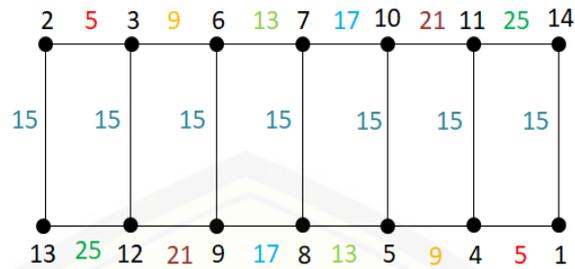
$$V = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\}$$

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

$$E = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\} \cup \{y_i y_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\}$$

$$|E| = n - 1 + n - 1 + n = 3n - 2$$

- c) Tentukan rainbow antimagic coloringnya

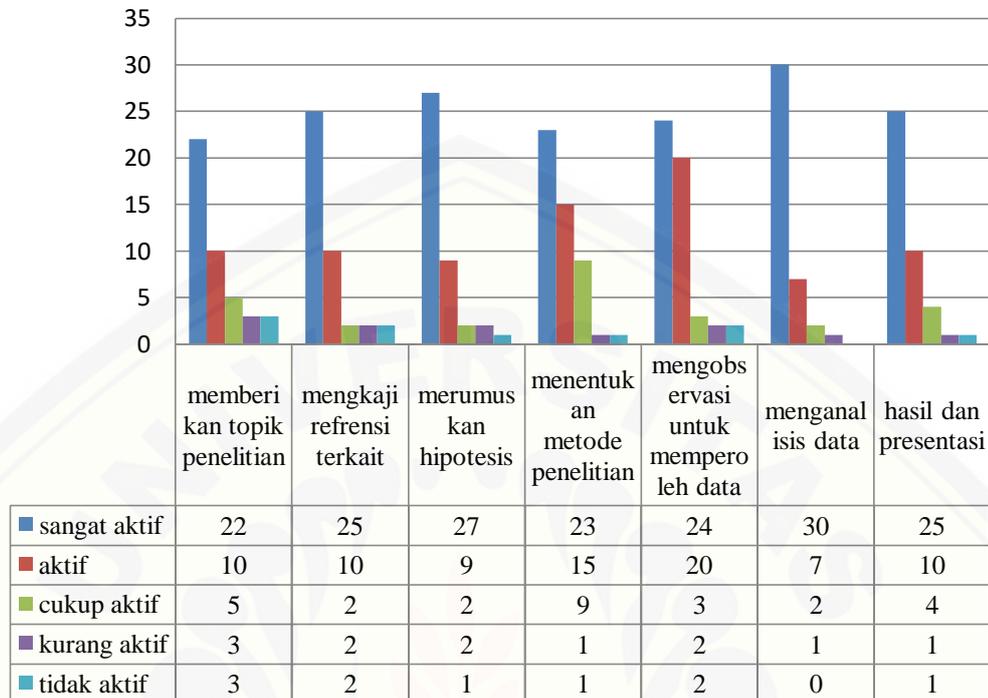


Gambar 4. 12 *Rainbow Antimagic Coloring* Graf Ladder

- d) Tentukan warna minimal yang dibutuhkan

Warna minimal yang dibutuhkan graf L_7 adalah 7 macam warna yang berbeda sehingga diperoleh $rc_A(L_7) = 7$. Berikut ini akan disajikan grafik aktivitas mahasiswa selama kegiatan RBL berlangsung di kelas eksperimen. Dari grafik di bawah ini terlihat bahwa pada fase memberikan topik penelitian, sebanyak 53% mahasiswa sangat aktif. Pada fase mengkaji artikel referensi dari artikel terkait, sebanyak 61 mahasiswa tergolong sangat aktif. Pada fase merumuskan hipotesis, sebanyak 65% mahasiswa masuk dalam kategori sangat aktif. Pada fase menentukan metode penelitian, sebanyak 56% mahasiswa masuk dalam kategori sangat aktif. Pada fase observasi untuk mengumpulkan data, sebanyak 58% mahasiswa masuk dalam kategori sangat aktif. Pada fase menganalisis data, sebanyak 73% mahasiswa masuk dalam kategori sangat aktif. Pada fase hasil dan presentasi, sebanyak 61% mahasiswa masuk dalam kategori sangat aktif. Dari grafik 4.5 di bawah ini terlihat bahwa 61% mahasiswa tergolong sangat aktif dalam ketujuh fase RBL, sebanyak 18% tergolong aktif, sebanyak 9% tergolong cukup aktif, sebanyak 4% tergolong kurang aktif, sebanyak 3% tergolong tidak aktif.

Aktivitas Mahasiswa Selama RBL



Grafik 4. 5 Aktivitas mahasiswa selama RBL

4.4 Potret Fase

Setelah mahasiswa menyelesaikan post tes, peneliti mengelompokkan hasil pekerjaan mahasiswa ke dalam 5 kategori yaitu sangat kreatif-inovatif, kreatif-inovatif, cukup kreatif-inovatif, kurang kreatif-inovatif, tidak kreatif-inovatif. Berdasar hasil pekerjaan mahasiswa tersebut untuk mengetahui alur berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan tersebut maka peneliti melakukan wawancara terhadap hasil pekerjaan mahasiswa.

a) Mahasiswa 1 (M1) dengan keterampilan berpikir sangat kreatif-inovatif

Hasil pekerjaan yang pertama yaitu pekerjaan mahasiswa 1 (M1) dengan keterampilan berpikir sangat kreatif-inovatif. M1 dapat menemukan warna minimum yang digunakan untuk mewarnai titik pada graf dan semua definisi local antimagic vertex dynamic coloring terpenuhi hingga dapat menyelesaikan post tes yang diberikan.

Kardinalitas

$$V = \{x_i, y_i, 1 \leq i \leq n\}$$

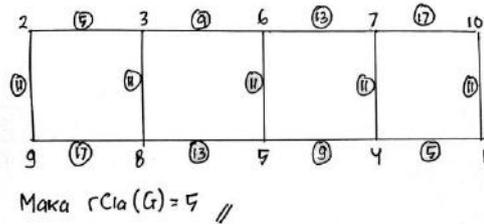
$$|V| = n + n$$

$$= 2n //$$

$$E = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n-1\} \cup \{y_i y_{i+1}, 1 \leq i \leq n-1\}$$

$$|E| = n - 1 + n - 1 + n$$

$$= 3n - 2 //$$



Gambar 4. 13 Gambar Pekerjaan Mahasiswa 1

Untuk mengetahui proses aktivitas berpikir kreatif-inovatif yang dilakukan M1 selama menyelesaikan post tes. Hasil wawancara ini akan dibuat potret fase untuk menggambarkan proses berpikir keterampilan berpikir kreatif-inovatif M1 dari awal mengerjakan hingga pekerjaan tersebut selesai. Berikut hasil pekerjaan dan petikan hasil wawancara dengan M1 :

Peneliti : Setelah membaca permasalahan ini, apa yang kamu pahami?

Mahasiswa 1 : Awalnya saya tidak memahaminya. Tetapi setelah mengerjakan permasalahan yang ada di LKM saya paham harus mewarnai sebuah graf dengan konsep rainbow antianglic coloring dan mencari warna minimum yang dibutuhkan.

Peneliti : Apakah kamu menemukannya?

Mahasiswa 1 : Ya Pak

Peneliti : Apakah langkah pertama yang Anda lakukan untuk menyelesaikan permasalahan ini?

Mahasiswa 1 : Pertama saya memilih graf yang akan saya kerjakan. Saya memilih graf yang sederhana agar mudah dikerjakan. Kemudian saya mencoba mencari kardinalitas graf. Setelah itu saya mulai melabeli setiap titik pada graf tersebut dengan bilangan asli. Saya memikirkan kombinasi jumlahan yang pas agar warna yang dihasilkan dari titik-titik yang bertetangga tidak beragam. Awalnya sulit, tetapi setelah beberapa kali mencoba dan berdiskusi dengan

teman, saya berhasil menemukan warna yang menurut saya paling minimum.

Peneliti : Apa saja cara yang Anda gunakan untuk mempermudah Anda dalam menyelesaikan permasalahan ini?

Mahasiswa 1 : Saya membuat berbagai kemungkinan untuk menemukan bobot sisi yang minimum. Kemudian saya mencoba satu persatu kemungkinan yang ada.

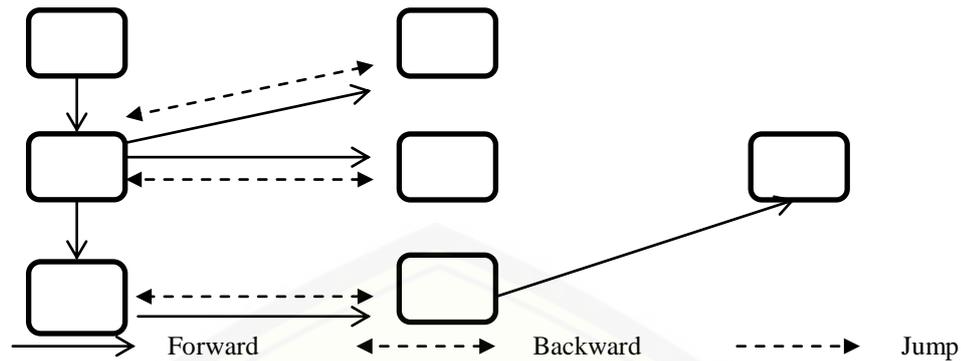
Peneliti : Apakah kamu mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan ini?

Mahasiswa 1 : Iya Pak

Peneliti : Kesulitan apa yang anda alami?

Mahasiswa 1 : Seperti yang saya jelaskan diawal tadi, menentukan titik-titik untuk menghasilkan warna sisi yang tidak beragam itu sulit.

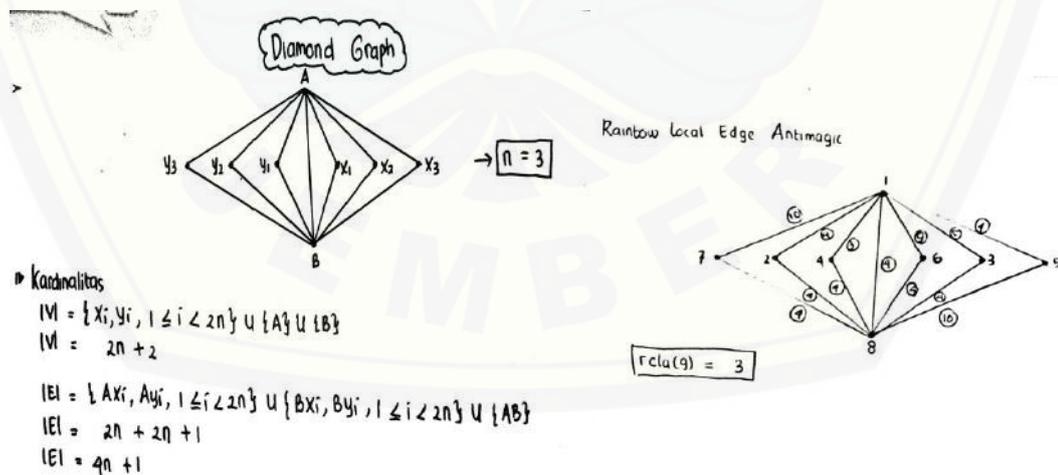
Wawancara digunakan untuk mengeksplor langkah pemikiran M1 dari awal mengerjakan hingga pekerjaan tersebut selesai. Mahasiswa 1 berhasil menyelesaikan masalah yang diberikan. M1 mampu menggambar graf, memberikan kardinalitasnya, menentukan rainbow antimagic coloring, dan mencari warna minimum yang dibutuhkan untuk mewarnai sisi dari graf tersebut. Selain itu M1 juga bisa menyebutkan bahwa masalah yang dicari adalah rainbow antimagic coloring. M1 membuat berbagai kemungkinan untuk memastikan bahwa bobot titik yang telah ditemukannya sudah minimal. Peneliti menggambar garis langsung untuk menggambar potret fase. Mahasiswa 1 mengerjakan masalah rainbow antimagic coloring dengan mencari kardinalitas suatu graf. Setelah menyelesaikan itu, dia berusaha untuk mencari warna sisi yang tepat dengan cara membuat kemungkinan-kemungkinan. Awalnya mahasiswa 1 gagal mendapatkan warna minimum, setelah berdiskusi dengan temannya, M1 berhasil menemukannya.



Gambar 4. 14 Gambar Potret Fase Mahasiswa 1

b) Mahasiswa 2 (M2) dengan keterampilan berpikir kurang kreatif-inovatif

Hasil pekerjaan mahasiswa 2 (M2) dengan keterampilan berpikir kurang kreatif-inovatif. M2 tidak dapat menemukan warna minimum yang digunakan untuk mewarnai sisi pada graf dengan konsep rainbow antimagic coloring. M2 dapat menemukan kardinalitas dari graf namun masih tidak bisa menyelesaikan tugas yang diberikan. M2 masih belum paham betul definisi rainbow antimagic coloring sehingga dalam mengerjakan tugas-tugas yang diberikan, M2 kurang maksimal. M2 dapat menemukan kardinalitas graf namun masih belum bisa memberi label yang sesuai pada setiap titik sehingga bobot sisi yang dihasilkan masih kurang minimum.



Gambar 4. 15 Gambar Pekerjaan Mahasiswa 2

Untuk mengetahui proses aktivitas berpikir kreatif-inovatif yang dilakukan M2 selama menyelesaikan post tes. Hasil wawancara ini akan dibuat

potret fase untuk menggambarkan proses berpikir keterampilan berpikir kreatif-inovatif M2 dari awal mengerjakan hingga pekerjaan tersebut selesai.

Berikut hasil pekerjaan dan petikan hasil wawancara dengan M2 :

Peneliti : Setelah membaca permasalahan ini, apa yang kamu pahami?

Mahasiswa 2 : Saya bingung karena saya belum pernah mendapatkan materi ini sebelumnya walau sudah dijelaskan sebentar tetapi saya masih kurang paham. Tetapi setelah mengerjakan permasalahan yang ada di LKM saya mengerti kalau harus mewarnai sebuah graf dengan konsep rainbow antiamic coloring dan mencari warna minumum yang dibutuhkan.

Peneliti : Apakah kamu menemukannya?

Mahasiswa 2 : Ya Pak

Peneliti : Apakah langkah pertama yang Anda lakukan untuk menyelesaikan permasalahan ini?

Mahasiswa 2 : Awalnya saya mencari graf yang akan saya kerjakan. Saya bingung dan berdiskusi dengan teman saya. Kemudian saya mendapatkan graf yang saya akan kerjakan. Selanjutnya saya mencoba mencari kardinalitas graf. Setelah itu saya mulai melabeli setiap titik pada graf tersebut dengan bilangan asli. Saya melebeli dengan acak. Karena saya melabeli titik dengan acak, bobot sisi yang dihasilkan menjadi sangat beragam dan menjadi tidak minimum. Oleh karena itu saya tidak dapat menyelesaikannya dengan baik

Peneliti : Apa saja cara yang Anda gunakan untuk mempermudah Anda dalam menyelesaikan permasalahan ini?

Mahasiswa 2 : Saya berdiskusi dengan teman saya tetapi tidak cukup membantu sehingga saya memberi label titik secara acak

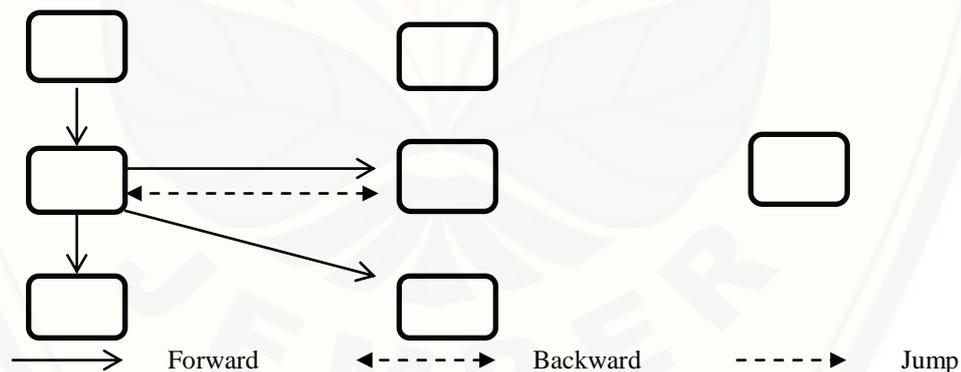
Peneliti : Apakah kamu mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan ini?

Mahasiswa 2 : Iya Pak

Peneliti : Kesulitan apa yang anda alami?

Mahasiswa 2 : Saya masih kurang memahami materi yang sudah dijelaskan, sehingga saya acak dalam menentukan warna pada titik.

Wawancara digunakan untuk mengeksplor langkah pemikiran M2 dari awal mengerjakan hingga pekerjaan tersebut selesai. Mahasiswa 2 berhasil menyelesaikan masalah yang diberikan. M2 mampu menentukan graf, menuliskan kardinalitasnya, tetapi tidak dapat menentukan rainbow antimagic coloring, dan tidak dapat mencari warna minimum yang dibutuhkan untuk mewarnai sisi dari graf tersebut. Mahasiswa 2 bisa menyebutkan bahwa masalah yang dicari adalah rainbow antimagic coloring. M2 melabeli titik-titik pada graf dengan cara acak sehingga menghasilkan kombinasi warna sisi yang sangat beragam. Mahasiswa 2 tidak dapat menyelesaikan pekerjaan karena masih kurang paham dengan materi rainbow antimagic coloring. Walaupun sudah berdiskusi dengan temannya, mahasiswa 2 tetap tidak dapat menyelesaikan pekerjaannya. Peneliti menggambar garis langsung untuk menggambar potret fase.

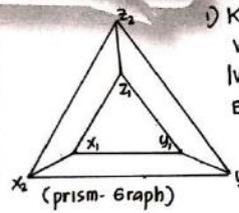


Gambar 4. 16 Gambar Potret Fase Mahasiswa 2

c) Mahasiswa 3 (M3) dengan keterampilan berpikir kurang kreatif-inovatif

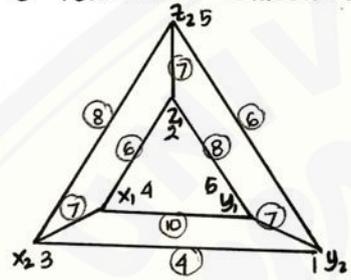
Hasil pekerjaan mahasiswa 3 (M3) dengan keterampilan berpikir kreatif-inovatif. M3 dapat menemukan warna minimum yang digunakan untuk mewarnai sisi dengan konsep rainbow antimagic coloring.

PENYELESAIAN



1) Kardinalitas Graph
 $V = \{x_i, y_i, z_i, 1 \leq i \leq n-1\}$
 $|V| = 3n+3$
 $E = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n+1\} \cup \{y_i z_i, 1 \leq i \leq n+1\} \cup \{z_i x_i, 1 \leq i \leq n+1\} \cup \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n\} \cup \{y_i y_{i+1}, 1 \leq i \leq n\} \cup \{z_i z_{i+1}, 1 \leq i \leq n\}$
 $|E| = 6n+3$

2) Pewarnaan Rainbow Local Edge Antimagic dengan $n = 3$



$rc(G) = 4$

Gambar 4. 17 Gambar pekerjaan mahasiswa 3

Untuk mengetahui proses aktivitas berpikir kreatif-inovatif yang dilakukan M3 selama menyelesaikan post tes. Hasil wawancara ini akan dibuat potret fase untuk menggambarkan proses berpikir keterampilan berpikir kreatif-inovatif M3 dari awal mengerjakan hingga pekerjaan tersebut selesai.

Berikut hasil pekerjaan dan petikan hasil wawancara dengan M3 :

- Peneliti : Setelah membaca permasalahan ini, apa yang kamu pahami?
 Mahasiswa 3 : Saat pertama kali membaca permasalahan ini, saya masih kurang paham karena belum dijelaskan, setelah dijelaskan dan dibantu pengerjaan pada LKM, saya cukup mengerti permasalahan yang terjadi. Permasalahan yang diberikan adalah pewarnaan sisi sebuah graf dengan konsep rainbow antimagic coloring dan mencari warna minimum yang dibutuhkan.
- Peneliti : Apakah kamu menemukannya?
 Mahasiswa 3 : Ya Pak
- Peneliti : Apakah langkah pertama yang Anda lakukan untuk menyelesaikan permasalahan ini?

Mahasiswa 3 : Awalnya saya mencari graf yang akan saya kerjakan. Saya menentukan graf dengan berdiskusi dengan teman saya, kami mencoba mencari graf yang cukup sederhana dengan banyak sisi dan titik yang tidak terlalu banyak. Kemudian saya mendapatkan graf yang saya akan kerjakan. Selanjutnya saya mencoba mencari kardinalitas graf, saya bisa mendapatkan kardinalitas graf sendiri tanpa berdiskusi, saya juga menjawab pertanyaan teman saya berkaitan dengan kardinalitas . Setelah itu saya mulai melabeli setiap titik pada graf tersebut dengan bilangan asli. Saya melabeli dengan hati-hati, saya memikirkan kombinasi bilangan yang tepat supaya mendapatkan warna minimum. Saya mengerjakan bukan tanpa kegagaglan, namun setelah sedikit berdiskusi dengan teman saya, saya mendapatkan kombinasi warna sisi yang minimum.

Peneliti : Apa saja cara yang Anda gunakan untuk mempermudah Anda dalam menyelesaikan permasalahan ini?

Mahasiswa 3 : Saya membaca berdiskusi dengan teman saya dan saling membantu kesulitan masing-masing. Saya juga mempersiapkan kombinasi warna sisi yang tepat agar warna yang dihasilkan minimum.

Peneliti : Apakah kamu mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan ini?

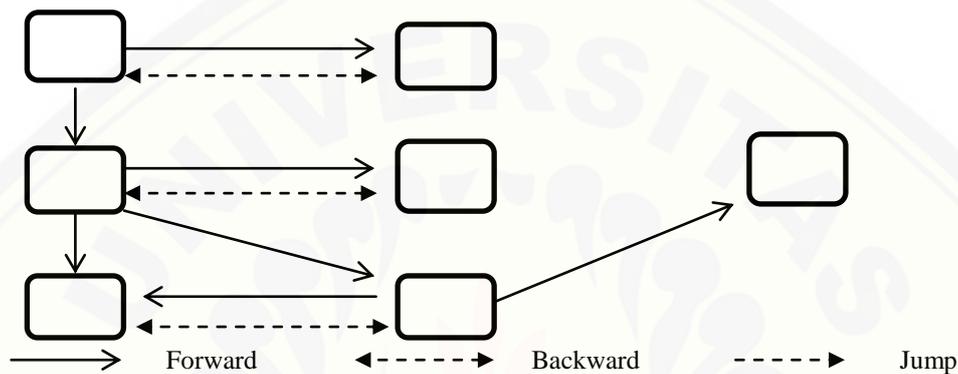
Mahasiswa 3 : Tidak terlalu Pak

Peneliti : Kesulitan apa yang anda alami?

Mahasiswa 3 : Hanya sedikit kesulitan untuk mencari warna sisi yang minimum tetapi saya berhasil menemukannya

Wawancara digunakan untuk mengeksplor langkah pemikiran M3 dari awal mengerjakan hingga pekerjaan tersebut selesai. Mahasiswa 3 berhasil menyelesaikan masalah yang diberikan. M3 mampu menentukan graf , menuliskan kardinalitasnya, dapat menentukan rainbow antimagic coloring, dan dapat mencari warna minimum yang dibutuhkan untuk mewarnai sisi

dari graf tersebut. Mahasiswa 3 bisa menyebutkan bahwa masalah yang dicari adalah rainbow antimagic coloring. M3 melabeli titik-titik pada graf dengan berhati-hati dan mempersiapkan kombinasi sisi sehingga menghasilkan kombinasi warna sisi yang sangat beragam. Mahasiswa 3 dapat menyelesaikan pekerjaan dengan baik. Berdiskusi dengan teman dapat membantu M3 menemukan permasalahan.. Peneliti menggambar garis langsung untuk menggambar potret fase.



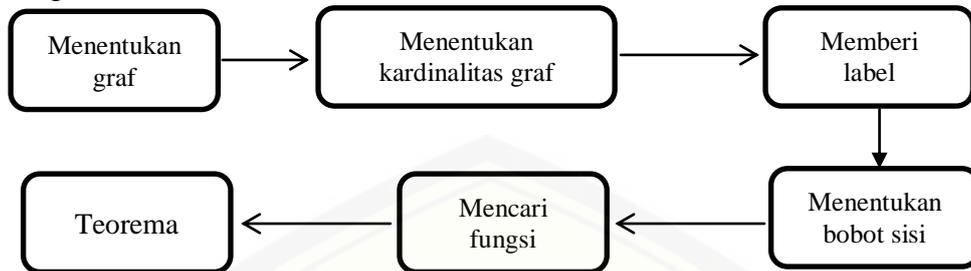
Gambar 4. 18 Gambar Potret Fase Mahasiswa 3

4.5 Monograf

Dalam monograf ini akan dituliskan semua teorema yang telah ditemukan peneliti baik teorema mengenai *rainbow connection number* maupun *rainbow antimagic connection number*. *Rainbow connection number* dijadikan acuan untuk mencari *rainbow antimagic connection number* dari suatu graf G . Selain temuan *rainbow antimagic connection number* yang telah dipaparkan di atas, masih ada temuan *rainbow antimagic connection number* pada graf hasil penelitian penulis dan telah dituliskan dalam sebuah teorema.

Berikut akan dituliskan prosedur mendapatkan hasil-hasil penelitian: (1) Menentukan graf yang akan digunakan untuk penelitian; (2) Menentukan kardinalitas graf; (3) Memberi label pada setiap titik pada graf; (4) Memberi bobot sisi pada setiap sisi pada graf dengan cara menjumlahkan warna dari dua titik yang bertetangga; dan (5) Mencari fungsi untuk setiap titik dan sisi.

Berdasarkan uraian di atas akan digambarkan alur prosedur penelitian sebagai berikut:

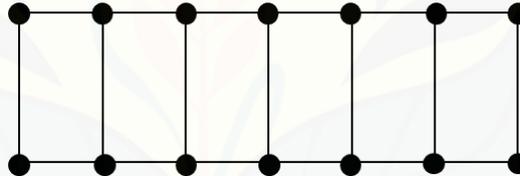


Gambar 4. 19 Alur prosedur penelitian

Langkah-langkat penelitian di atas akan dijelaskan dengan sebuah contoh agar mudah dipahami.

1. Menentukan graf yang akan digunakan.

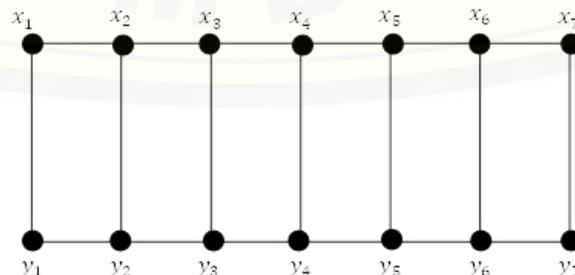
Sebelum melakukan penelitian, peneliti wajib menentukan graf yang akan diteliti. Syarat graf yang dapat diwarnai dengan rainbow antimagic coloring adalah graf yang terhubung dan tidak trivial artinya tidak hanya terdiri dari satu titik saja. Pada contoh berikut digunakan graf tangga.



Gambar 4. 20 Gambar graf tangga

2. Menentukan kardinalitas graf

Setelah menentukan graf yang akan diteliti, selanjutnya akan dicari kardinalitas dari graf tersebut. Sebelum dicari kardinalitasnya, graf tangga di atas diberi notasi pada setiap titiknya.



Gambar 4. 21 Gambar graf tangga yang diberi notasi

Setelah diberi notasi di setiap titiknya, graf tangga tersebut akan dicari kardinalitasnya.

$$V = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\}$$

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

$$E = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\} \cup \{y_i y_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\}$$

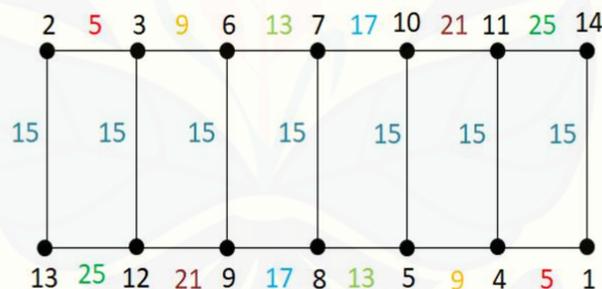
$$|E| = n - 1 + n - 1 + n = 3n - 2$$

3. Memberi label pada setiap titik pada graf

Langkah selanjutnya adalah memberi label pada setiap titik dalam graf tersebut. Setiap titik pada graf yang dipilih tadi diberi label berupa bilangan asli sebanyak titik pada graf. Langkah ke-3 ini digambarkan dalam Gambar 5 di bawah.

4. Memberi bobot pada setiap sisi

Setelah menentukan label pada setiap titik pada graf tersebut, langkah selanjutnya adalah menentukan bobot sisi. Bobot sisi adalah jumlah dua label pada dua titik yang bertetangga.



Gambar 4. 22 Graf tangga yang sudah diberi label titik dan bobot sisi

Bobot sisi itulah yang akan menjadi warna sisi pada graf tangga. Jika setiap dua titik terdapat minimal satu lintasan pelangi, berarti pewarnaan tersebut adalah rainbow antimagic coloring.

5. Mencari warna minimum yang dibutuhkan

Setelah memperoleh bobot sisi sebagai warna sisi pada graf, akan diperiksa apakah pewarnaan tersebut termasuk rainbow antimagic coloring. Jika benar maka kita dapat menghitung banyaknya warna yang berbeda yang dibutuhkan untuk mewarnai setiap sisi pada graf tersebut. Dalam contoh graf tangga

dengan $n = 7$, warna minimum yang dibutuhkan adalah 7 atau dengan kata lain $rc_A(L_7) = 7$.

Pembuktian teorema juga disertakan dalam monograf yang dikembangkan, salah satunya adalah pembuktian Teorema 1 sebagai berikut:

Teorema 4. Misalkan L_n adalah graf tangga dengan $n \geq 4$ dan $n \in$ bilangan ganjil, maka rainbow antimagic connection number dari L_n adalah n

Bukti. Bukti teorema beserta cara mendapatkannya dipaparkan pada penjelasan di bawah ini.

1. Menentukan graf

Akan ditunjukkan gambar graf tangga dengan $n = 7$

2. Menentukan kardinalitas

Graf tangga adalah graf terhubung dengan himpunan titik $V(L_n) = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan himpunan sisi $E(L_n) = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n-1\} \cup \{y_i y_{i+1}, 1 \leq i \leq n-1\}$. Kardinalitas titik $|V(L_n)| = n$ dan sisi $|E(L_n)| = 3n - 2$.

3. Menentukan rainbow antimagic connection number

Untuk membuktikan rainbow antimagic connection number dari L_n , kami harus membuktikan batas atas $rc_A(L_n) \leq n$ dan batas bawah $rc_A(L_n) \geq n$. Untuk membuktikan batas atas, kami mendefinisikan sebuah fungsi $f: V(L_n) \rightarrow \{1, 2, \dots, |V|\}$ sebagai fungsi titik sebagai berikut:

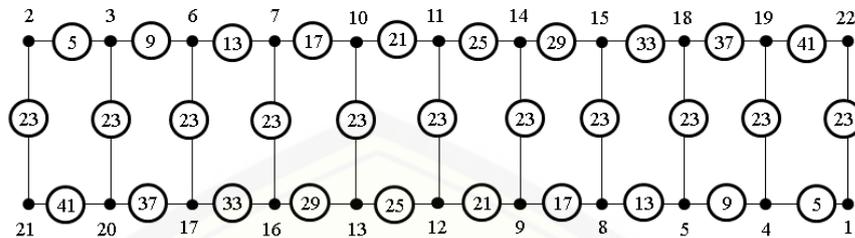
$$f(v) = \begin{cases} f(x_i) = 2i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \text{ dan } i \text{ ganjil} \\ f(x_i) = 2i - 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \text{ dan } i \text{ genap} \\ f(y_i) = 2n - 2i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \text{ dan } i \text{ ganjil} \\ f(y_i) = 2n - 2i + 2 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \text{ dan } i \text{ genap} \end{cases}$$

Dengan fungsi titik seperti di atas, dapat diperoleh bobot sisi seperti berikut:

$$w(e) = \begin{cases} w(x_i x_{i+1}) = 4i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n - 1 \\ w(y_i y_{i+1}) = 4n - 4i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n - 1 \\ w(x_i y_i) = 2n + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n - 1, \end{cases}$$

Fungsi titik f dan fungsi bobot sisi w menghasilkan n warna. Jadi $rc_A(L_n) \leq n$. Selanjutnya akan dibuktikan untuk n bilangan ganjil, $rc_A(L_n) \geq n$. Berdasarkan gambar graf tangga di bawah ini kita tahu bahwa $\Delta(L_n) = 3$ dan

berdasarkan Teorema 3 kita tahu $rc(L_n) = n$. Berdasarkan Lemma 1 didapatkan bahwa $rc_A(G) \geq \max\{3, n\}$, sehingga $rc_A(G) \geq n$. ■



Gambar 4. 23 graf tangga dengan $rc_A(L_7) = 7$

4.6 Pembahasan

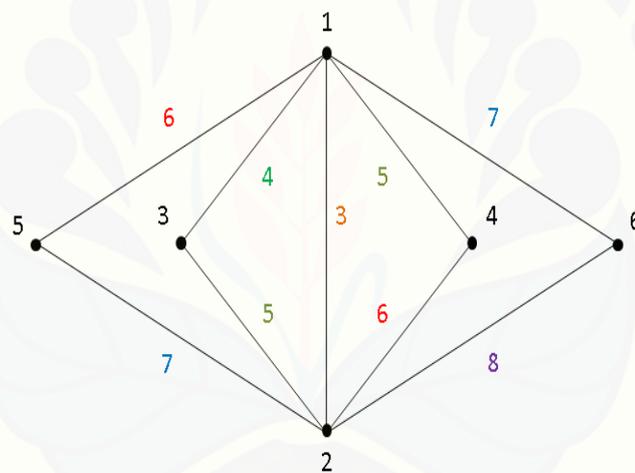
Pembahasan keefektifan dan kepraktisan perangkat pembelajaran akan menyajikan ketercapaian kriteria kualitas dari perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan dengan menggunakan model research based learning untuk menganalisis keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan pada bab 3, sebuah perangkat pembelajaran dikatakan baik apabila memenuhi kriteria kevalidan antara 3 sampai 4. Sedangkan memenuhi kriteria kepraktisan apabila skor aktivitas dosen mencapai persentase lebih dari sama dengan 80%. Validitas rencana pembelajaran meliputi LKM dan TAR yang dilakukan oleh dua orang validator. Perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan dikatakan valid apabila koefisien validitasnya lebih dari sama dengan 3.

Berdasarkan hasil validitas dari 2 validator didapatkan hasil bahwa koefisien validitas untuk LKM sebesar 3,63, dan untuk TAR sebesar 3,46. Secara umum hasil validitas dari validator terhadap perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan adalah baik dan dapat digunakan dengan sedikit revisi. Berdasarkan hasil tersebut maka perangkat pembelajaran tersebut dapat dikatakan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran di tingkat S1 Pendidikan Matematika.

Uji coba lapangan menggunakan model research based learning untuk mengukur dan menganalisis keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. Pertemuan pertama dosen membahas tentang kardinalitas sebagai pengetahuan

awal bagi mahasiswa. Awalnya mahasiswa diberikan graf yang sama (LKM) untuk dicari kardinalitasnya namun di akhir pertemuan pertama, mahasiswa diminta untuk membuat graf dan dicari kardinalitasnya. Selanjutnya dosen berkeliling untuk mengetahui kesulitan yang dialami oleh mahasiswa.

Materi rainbow antimagic coloring merupakan salah satu kajian yang cukup baru dalam graf. Materi rainbow antimagic coloring merupakan perpaduan atau kombinasi dari dua kajian dalam graf yaitu rainbow coloring dan antimagic labeling. Gambar di bawah adalah salah satu contoh graf diamond dengan $n = 2$ atau biasa ditulis D_2 . Gambar tersebut merupakan salah satu pekerjaan mahasiswa yang mewarnai graf D_2 dengan konsep rainbow antimagic coloring dan menghasilkan 6 buah warna yang berbeda.



Gambar 4. 24 Graf D_2 dengan 6 warna

Kriteria kevalidan perangkat pembelajaran yang ada pada bab 3 menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi kriteria. LKM digunakan sebagai media pembelajaran dalam kajian local antimagic vertex dynamic coloring, dan TAR untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. Hasil TAR mahasiswa akan dimasukkan ke dalam monograf sebagai temuan baru dalam penelitian rainbow antimagic coloring. Uji coba yang dilakukan pada saat kegiatan pembelajaran menghasilkan ketercapaian kriteria terkait kualitas perangkat pembelajaran seperti kepraktisan dan keefektifan. Berdasarkan uraian di bab 3, perangkat pembelajaran dikatakan

praktis jika tingkat pencapaian aktivitas dosen dalam kegiatan pembelajaran mencapai kategori baik. Hasil penilaian observer pada hari pertama 94,25% dan pertemuan kedua 95% dengan rata-rata keseluruhan 95,32%. Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase aktivitas dosen berada diantara 80% - 100%. Maka berdasarkan hasil penilaian observer maka perangkat pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kepraktisan yang baik. Sedangkan uji keefektifan perangkat pembelajaran dilakukan dengan menggunakan analisis terhadap observasi aktivitas mahasiswa, tes akhir riset dan angket respon mahasiswa. Berdasar hasil uji keefektifan maka diperoleh persentase aktivitas mahasiswa pada pertemuan pertama mencapai 90,05% dan pertemuan kedua 91,5% dengan rata-rata keseluruhan 91,15%. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan efektif. Berdasar hasil TAR mahasiswa juga memenuhi kriteria baik dan angket respon mahasiswa yang positif sehingga perangkat pembelajaran telah mencapai kriteria keefektifan yang baik.

Penelitian yang membahas tentang Research Based Learning, berpikir kreatif dan inovatif secara luas telah banyak di teliti. Namun tidak ada yang sama persis dengan penelitian yang akan dilaksanakan oleh peneliti. Berikut disajikan beberapa artikel atau jurnal yang membahas tentang Research Based Learning serta perbandingannya dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti.

Penelitian yang dilakukan Syaibani (2017) membahas tentang pengembangan perangkat dengan menggunakan metode research based learning untuk menganalisis kemampuan berfikir kreatif mahasiswa pada materi rainbow connection, sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui proses dan hasil pengembangan perangkat pembelajaran yang dikembangkan ini. Jenis penelitian ini termasuk penelitian pengembangan menggunakan model 4-D yang sudah dimodifikasi yaitu tahap pendefinisian, tahap perancangan, tahap pengembangan, dan tahap penyebaran. Dalam penelitian ini produk yang dikembangkan meliputi Rencana Pembelajaran, LKM, dan Tes Aktivitas Riset.

Berdasarkan hasil validasi, perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori valid ditunjukkan dengan koefisien validitas Modul Pembelajaran sebesar 3,7, Lembar Kerja Mahasiswa sebesar 3,65 dan Tes Aktivitas Riset sebesar 3,78 dengan demikian perangkat pembelajaran dikatakan valid. Sedangkan hasil uji coba lapangan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan memenuhi kriteria praktis dan efektif. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas dosen, pada pertemuan pertama 90% dengan kategori baik, pada pertemuan kedua sebesar 85% dengan kategori baik, dan pada pertemuan ketiga sebesar 90% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan perangkat pembelajaran dapat dikatakan praktis karena persentase aktivitas dosen mencapai $\geq 80\%$. Hasil penilaian TAR pada kelas A terdapat 30 mahasiswa dengan nilai diatas 80 dan 4 mahasiswa dengan nilai dibawah 80, sedangkan di kelas C terdapat 22 mahasiswa dengan nilai diatas 80 dan 8 mahasiswa dengan nilai dibawah 80. Hal ini berarti 88,23% mahasiswa kelas A telah tuntas hasil belajarnya, sedangkan di kelas C terdapat 73,33. Hasil ini sudah memenuhi target yang diharapkan oleh peneliti. Dari hasil analisis respon mahasiswa yang memberi respon positif mencapai 92,75%. Artinya secara umum mahasiswa telah menunjukkan respon baik terhadap proses pembelajaran dan penggunaan perangkat.

Berdasarkan hasil validasi dan uji coba lapangan, perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan memenuhi kriteria kualitas pengembangan yaitu valid, praktis, dan efektif sehingga perangkat pembelajaran ini dapat dikatakan baik. Sehingga dosen pengampu matakuliah pemodelan atau graf dapat menggunakan perangkat pembelajaran ini.

Penelitian yang dilakukan Yudha (2018) membahas tentang pengembangan perangkat dengan menggunakan metode Research Based Learning untuk menganalisis kemampuan berfikir kreatif dan inovatif mahasiswa pada materi locating dominating set, sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui proses dan hasil pengembangan perangkat pembelajaran yang dikembangkan ini. Jenis penelitian ini termasuk penelitian pengembangan menggunakan model 4-D

yang sudah dimodifikasi yaitu tahap pendefinisian, tahap perancangan, tahap pengembangan, dan tahap penyebaran.

Berdasarkan hasil validasi, perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori valid ditunjukkan dengan koefisien validitas Silabus 3,92, Rencana Pembelajaran Semester (RPS) 3,62, Rancangan Tugas Mahasiswa (RTM) 4, Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) sebesar 3,65 dan Tes Aktivitas Riset (TAR) sebesar 3,46 dengan demikian perangkat pembelajaran dikatakan valid. Sedangkan hasil uji coba lapangan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan memenuhi kriteria praktis dan efektif. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas dosen, pada pertemuan pertama 95,85% dengan kategori baik, pada pertemuan kedua sebesar 95,05% dengan kategori baik, dan pada pertemuan ketiga sebesar 95,05% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan perangkat pembelajaran dapat dikatakan praktis karena persentase aktivitas dosen mencapai $\geq 80\%$.

Hasil penilaian Tes Aktivitas Riset (TAR) pada kelas pemodelan terdapat 14 mahasiswa dominan ke indikator *think creatively*, 6 mahasiswa *work creatively with other*, dan 14 mahasiswa *implement innovation*. Selain itu juga terdapat mahasiswa yang memperoleh skor Tes Berfikir Kreatif (TBK) 3 ada 4 mahasiswa dan TBK 4 diperoleh 30 mahasiswa. Hal ini menunjukkan bahwa pada Tes aktivitas riset tersebut, mahasiswa sangat kreatif dan inovatif dalam menyelesaikan masalah tentang *locating dominating set*.

Dari hasil analisis respon mahasiswa yang memberi respon positif mencapai 84%. Artinya secara umum mahasiswa telah menunjukkan respon baik terhadap proses pembelajaran dan penggunaan perangkat. Hasil validasi dan uji coba lapangan, perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan memenuhi kriteria kualitas pengembangan yaitu valid, praktis, dan efektif sehingga perangkat pembelajaran ini dapat dikatakan baik. Sehingga dosen pengampu matakuliah pemodelan atau grap dapat menggunakan perangkat pembelajaran ini. Hasil t-test juga didapatkan bahwa pembelajaran menggunakan research based learning lebih unggul dari pada pembelajaran biasa.

Penelitian yang dilakukan Wardhani (2019) membahas tentang pengembangan perangkat dengan menggunakan metode research based learning untuk menganalisis keterampilan berpikir conjecturing mahasiswa pada materi local antimagic vertex dynamic coloring. Berdasarkan proses dan hasil pengembangan perangkat pembelajaran dengan model research based learning untuk mengukur keterampilan conjecturing mahasiswa pada kajian local antimagic vertex dynamic coloring dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Perangkat yang dikembangkan memenuhi kategori valid ditunjukkan dengan koefisien validitas rencana pembelajaran 3,79, LKM sebesar 3,83 dan tes akhir riser sebesar 3,83 dengan demikian perangkat dikatakan valid. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas dosen, aktivitas dosen pada pertemuan pertama 3,58 dengan persentase 89,62% baik, pada pertemuan kedua mencapai 3,78 dengan persentase 94,5% dengan kategori baik dan pada pertemuan ketiga mencapai 3,5 dengan persentase 87,5% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan perangkat pembelajaran dapat dikatakan praktis karena persentase aktivitas dosen mencapai $\geq 80\%$. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori efektif berdasarkan persentase aktivitas mahasiswa, hasil penilaian pos-tes, dan hasil respon mahasiswa menunjukkan kategori baik. Persentase aktivitas mahasiswa pada pertemuan pertama mencapai 3,625 dengan persentase 90,62% dengan kategori baik, pada pertemuan kedua mencapai 3,325 dengan persentase 83,13% dengan kategori baik dan pada pertemuan ketiga mencapai 3,68 dengan persentase 92% dengan kategori baik. Dalam hal ini menunjukkan mahasiswa aktif mengikuti kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model research based learning. Hasil tes akhir riset pada kelas eksperimen yang telah diterapkan pembelajaran model research based learning memperoleh hasil 23% mahasiswa berada pada kategori sangat kreatif, 47% mahasiswa pada kategori kreatif, 21% mahasiswa pada kategori cukup kreatif dan 9% mahasiswa pada kategori tidak kreatif. Berdasarkan hasil analisis keterampilan conjecturing mahasiswa melalui post tes diperoleh data keseluruhan tingkat keterampilan conjecturing mahasiswa

di kelas kontrol sebanyak 25 mahasiswa memperoleh nilai diatas 70 dan 80 memperoleh nilai dibawah 18. Hal ini berarti 55% mahasiswa dikelas kontrol telah memenuhi kriteria ketuntasan belajar. Sedangkan dikelas eksperimen terdapat 31 mahasiswa memperoleh nilai diatas 70 dan 13 memperoleh nilai dibawah 80. Maka 72 % mahasiswa dikelas kontrol telah memenuhi kriteria ketuntasan belajar.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses dan hasil pengembangan perangkat pembelajaran dengan model research based learning untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa pada kajian rainbow antimagic coloring dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Proses pengembangan perangkat pembelajaran ini menggunakan model Thiagarajan atau dikenal dengan four-D. Tahap-tahap yang dilakukan meliputi:
 - a) Tahap pendefinisian yaitu kegiatan analisis awal-akhir meliputi, analisis mahasiswa untuk mengetahui karakteristik mahasiswa, analisis konsep materi, analisis tugas, dan analisis tujuan pembelajaran yang ingin dicapai
 - b) Tahap perancangan yaitu merancang perangkat pembelajaran yang akan dikembangkan, meliputi penyusunan rencana pembelajaran, LKM dan tes akhir riset dengan menggunakan indikator kreatif-inovatif di dalamnya dan materi yang dibahas adalah rainbow antimagic coloring. Pada tahap ini diperoleh perangkat pembelajaran yaitu Draft I.
 - c) Tahap pengembangan. Pada tahap ini perangkat pembelajaran akan divalidasi oleh validator untuk uji kevalidan dari proses yang didapat yaitu draft 2. Selanjutnya akan dilakukan uji keterbacaan yang menghasilkan draft 3 dan perangkat pembelajaran draft 3 ini selanjutnya dilakukan uji coba lapangan. Hasil uji coba lapangan dianalisis dan dilakukan revisi sehingga menghasilkan perangkat final.
 - d) Tahap penyebaran, dalam penelitian ini tahap penyebaran dilakukan pada S1 Pendidikan Matematika Universitas Jember.
2. Hasil pengembangan perangkat pembelajaran yang diperoleh dalam penelitian ini adalah perangkat pembelajaran dengan model research based learning untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa pada kajian rainbow antimagic coloring, meliputi rencana pembelajaran, LKM, dan tes akhir riset. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Kriteria tersebut dijabarkan sebagai berikut.

- a) Perangkat yang dikembangkan memenuhi kategori valid ditunjukkan dengan koefisien validitas rencana pembelajaran 3,79; LKM sebesar 3,65 dan tes akhir riser sebesar 3,63 dengan demikian perangkat dikatakan valid.
 - b) Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas dosen, aktivitas dosen pada pertemuan pertama 3,77 dengan persentase 94,25%, pada pertemuan kedua mencapai 3,80 dengan persentase 95% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan perangkat pembelajaran dapat dikatakan praktis karena persentase aktivitas dosen mencapai $\geq 80\%$.
 - c) Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori efektif berdasarkan persentase aktivitas mahasiswa, hasil penilaian pos-tes, dan hasil respon mahasiswa menunjukkan kategori baik, seperti uraian berikut ini.
 - Persentase aktivitas mahasiswa pada pertemuan pertama mencapai 3,6 dengan persentase 90,05% dengan kategori baik, pada pertemuan kedua mencapai 3,66 dengan persentase 91,5% dengan kategori baik. Dalam hal ini menunjukkan mahasiswa aktif mengikuti kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model research based learning.
 - Hasil tes akhir riset pada kelas eksperimen yang telah diterapkan pembelajaran model research based learning memperoleh hasil 43% mahasiswa berada pada kategori sangat kreatif-inovatif, 25% mahasiswa pada kategori kreatif-inovatif, 15% mahasiswa pada kategori cukup kreatif-inovatif dan 11% mahasiswa pada kategori kurang kreatif-inovatif dan 6% mahasiswa pada kategori tidak kreatif-inovatif.
3. Berdasarkan hasil analisis keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa melalui post tes dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran matematika berdasarkan research based learning berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kreatif-inovatif. Dari 41 mahasiswa di kelas eksperimen, sebanyak 35 siswa memperoleh nilai di atas 70 sedangkan 6 siswa memperoleh nilai di

bawah 70. Hal tersebut menunjukkan bahwa 85% mahasiswa di kelas eksperimen telah memenuhi kriteria ketuntasan belajar. Dari 30 siswa di kelas kontrol, sebanyak 16 siswa memperoleh nilai di atas 70 sedangkan 14 siswa memperoleh nilai di bawah 70. Hal tersebut menunjukkan bahwa 53% mahasiswa di kelas kontrol telah memenuhi kriteria ketuntasan belajar. Melalui data post tes tersebut diperoleh data keseluruhan tingkat keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa. Dari 71 mahasiswa yang mengikuti pos tes pada kelas kontrol dan kelas eksperimen di peroleh persentase setiap indikator yaitu 41% termasuk tidak kreatif-inovatif, 20% kurang kreatif-inovatif, 17% cukup kreatif-inovatif, 11% kreatif-inovatif, dan 11% sangat kreatif-inovatif. Sedangkan pada kelas eksperimen 6% tidak kreatif-inovatif, 11% kurang kreatif-inovatif, 15% cukup kreatif-inovatif, 25% kreatif-inovatif, dan 43% sangat kreatif-inovatif.

4. Potret fase keterampilan berpikir kreatif-inovatif yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu potret fase mahasiswa dengan keterampilan kurang kreatif-inovatif, kreatif-inovatif, dan sangat kreatif-inovatif serta kombinasi potret fase dari ke tiga mahasiswa tersebut.
5. Monograf yang dihasilkan pada penelitian ini berisi rangkuman hasil temuan peneliti dan mahasiswa berupa rainbow antimagic coloring dari graf lintasan, graf tangga, graf triangular ladder, graf berlian.

5.2 Saran

Terkait dengan penelitian pengembangan perangkat pembelajaran, terdapat beberapa saran atau masukan sebagai berikut.

1. Perangkat pembelajaran dengan menggunakan model research based learning pada kajian rainbow antimagic coloring, sebaiknya dikembangkan lebih lanjut untuk materi lain selain untuk membantu pemahaman konsep juga sebagai sara memperkenalkan teknik penelitian pada tugas akhir nanti.
2. Untuk mengetahui lebih lanjut baik atau tidaknya perangkat yang telah dikembangkan ini, maka disarankan pada peneliti untuk menguji cobakan

perangkat pada mahasiswa tingkat berbeda atau pada universitas yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

- Aizikovitsh-Udi, E., Amit, M. 2011. Developing the skills of critical and creative thinking by probability teaching. *Procedia-Social and Behavioral Science*, 15, 1087-1091
- Agustin, I. K., Dafik. 2017. Local Edge Antimagic Coloring of Graphs. *Far East Journal of mathematical Sciences*.
- Anonimus. 2015. *21st Century Student Outcomes*. P21 Partnership For 21st Century Learning.
- Arikunto, S. 2012. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Bacanli, H., Dombayci, M. A., Demir, M., Tarhan, S., 2010. Quadraple Thinking: Creative Thinking. *Procedia-Social and Behavioral Science*, 12, 536-544.
- Cahyanti, A.E., 2016. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Pendekatan Sainifik Model Problem Based Learning dan High Order Thinking Materi Barisan dan Deret SMK Kelas X*. Jember: Universitas Jember.
- Chartrand, G., Kalamazoo, Johns, G. L., Valley, S., McKeon, K. A., London, N., Zhang, P., 2006. Rainbow Connection in Graphs. *Mathematica Bohemica*, 133(1), 85-98.
- Chrysti S. K. 2011. Implementasi Pembelajaran Berbasis Riset Kajian: Fermentasi Limbah Cucian Beras (Leri) untuk Pembuatan Nata pada Mata Kuliah Konsep Dasar IPA Mahasiswa S1 PGSD FKIP UNS. *Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi*, 8(1).
- Dafik. 2015. *Teori Graf, Aplikasi Dan Tumbuhnya Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi*. Jember: CGANT Research Group Universitas Jember.
- Dafik. 2016. *Hand Out Pengembangan PBR (Penelitian Berbasis Riset) dalam mata kuliah. Implementasi PBR di Lingkungan Unej*. Jember: Universitas Jember.
- D. T. Widayati, D. Luknanto, E. Rahayuningsih. 2010. *Pedoman umum pembelajaran berbasis riset*. UGM: Yogyakarta.
- Handsley, E. 2011. *Good Practice Guide: Collaboration Skills-Threshold Learning Outcome 5—Promoting Excellence in Higher Education*. Surry Hills, NSW: Australian Learning & Teaching Council.
- Happy dan Listyani. 2011. Improving The Mathematic Critical And Creative Thinking Skills In Grade 10th SMA Negeri 1 Kasihan Bantul On

Mathematics Learning Through Problem-Based Learning. *Proceeding : "Building the Nation Character through Humanistic Mathematics Education.*

Hendriana, H., Rohaeti, E. E., & Sumarmo, U. 2017. *Hard skills dan soft skills matematik siswa.* Bandung: Refika Aditama.

Hobri. 2010. *Metodologi Penelitian Pengembangan (Aplikasi pada Penelitian Pendidikan Matematika).* Jember: Pena Salsabila.

IBSA. 2009. *The Innovation and Business Industry Skills Council of Australia; Developing Innovation Skills: A Guide for Trainers and Assessors to Foster the Innovation Skills of Learners through Professional Practice.* East Melbourne, Victoria: Australian Government, Department of Education, Employment and Workplace Education.

Kivunja, C. 2015. *Teaching, Learning and Assessment: Steps towards Creative Practice.* Melbourne: Oxford University Press. (In Press)

Kivunja, C. 2015a. Exploring the Pedagogical Meaning and Implications of the 4Cs "Super Skills" for the 21st Century through Bruner's 5E Lenses of Knowledge Construction to Improve Pedagogies of the New Learning Paradigm. *Creative Education*, 6, 224-239

Kurniasih, I. dan Sani, B., 2015. *Ragam Pengembangan Model Pembelajaran untuk Peningkatan Profesionalisme Guru.* Yogyakarta: Kata Pena.

Lince, Ranak. 2016. Creative Thinking Ability To Increase Student Mathematical Of Junior High School By Applying Models Numbered Heads Together. *Journal of Education and Practice.* 7(6), 206-212

NCECT. 2014. *Defining Critical Thinking.*
<http://www.criticalthinking.org/pages/the-national-council-for-excellence-in-critical-thinking/406>

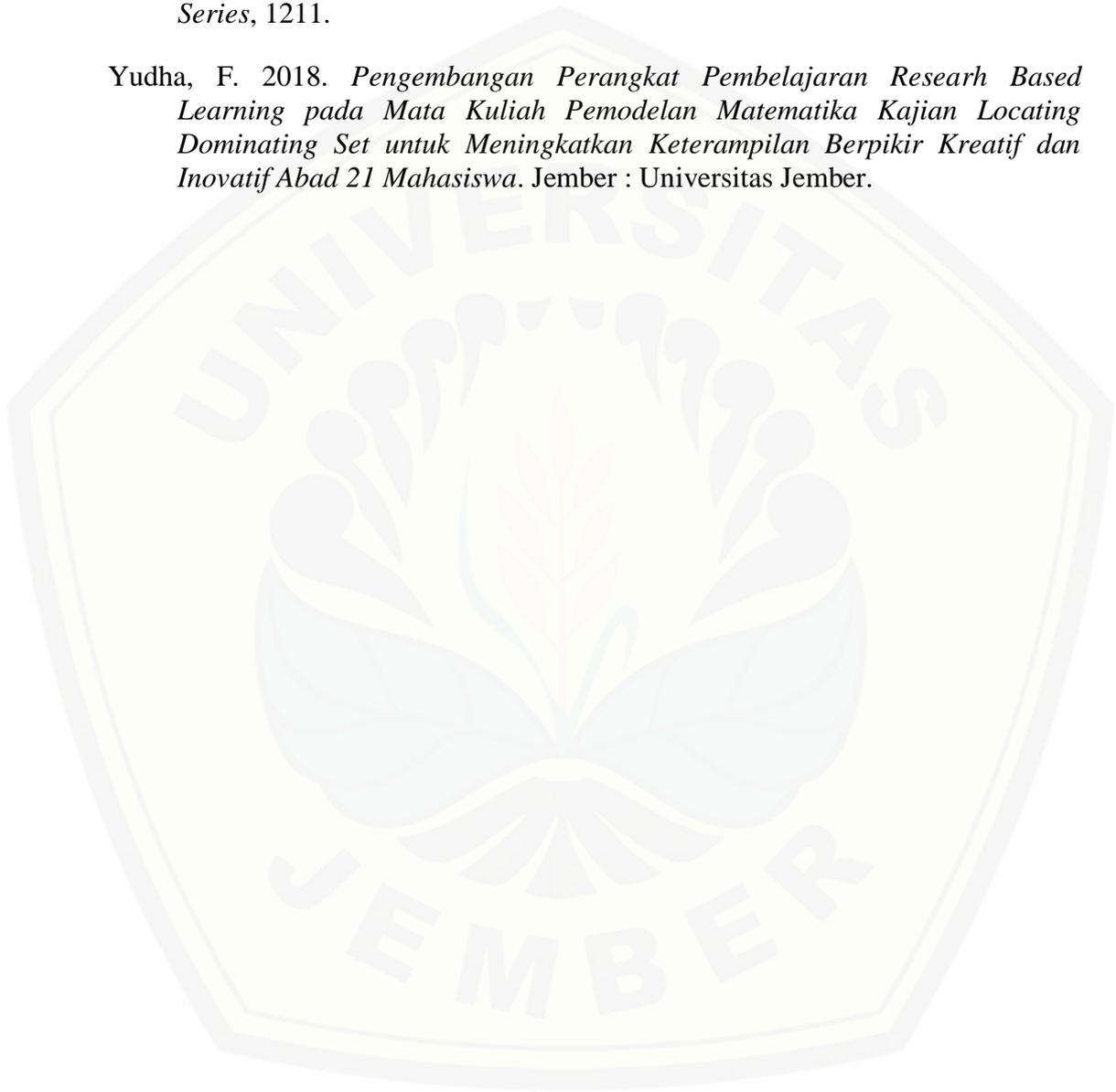
Noviyana, H. 2017. Pengaruh Model Project Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Matematika Siswa. *Jurnal Edumath*, 3(2), 110-117

P21. 2007. *The Intellectual and Policy Foundations of the 21st Century Skills Framework. Partnership for 21st Century Skills.*
<http://www.youngspirit.org/docs/21stcentury.pdf>

P21. 2014. Learning for the 21st Century: A Report and MILE Guide for 21st Century Skills. Partnership for 21st Century Skills.
http://www.p21.org/storage/documents/P21_Report.pdf

- Piascik, D. 2015. Preparing America's Students for College and Career: Common Core Learning Standards. <http://www.mspiascik.weebly.com/common-core-learning-standards.html>
- Siswono, T Y E. 2006. *Implementasi Teori Tentang Tingkat Berpikir Kreatif dalam Matematika*. Jurnal (Online). Tersedia:https://tatagyes.files.wordpress.com/2007/10/tatag_jurnal_unej.pdf
- Siswono, T Y E. 2007. *Desain Tugas untuk Mengidentifikasi Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa dalam Matematika*. Tersedia:https://tatagyes.files.wordpress.com/2007/10/tatag_jurnal_unej.pdf
- Siswono, T Y E. 2010. Leveling Students' Creative Thinking In Solving And Posing Mathematical Problem. *IndoMS. J.M.E*, 1(1) , pp. 17-40
- Siswono, T Y E. 2011. Level of student's creative thinking in classroom mathematics. *Educational Research and Review*, 6 (7), pp. 548-553
- Slameto dkk. 2016. Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Riset Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Aras Tinggi. *Prosiding Konser Karya Ilmiah Nasional*, 2, ISSN: 2460-5506, hal. 213-228.
- Srikoon, S., Bunterm, T., Samrainjai, J., Wattanathorn, J. 2013. Research Synthesis of Research-Based Learning for Education in Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Science*, 116, 913-917.
- Sudijono, A. 2011. *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Suwandi, S. 2010. *Model assesmen dalam pembelajaran*. Surakarta: Yuma Pustaka.
- Susiani, T., S., Salimi, M., Hidayah, R. 2018. *Research Based Learning (RBL): How to Improve Critical Thinking Skills?*. SHSWeb of Conferences 42.
- Syaibani, H. A. 2017. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Research Based Learning untuk Menganalisis Kemampuan Berpikir Kreatif Mahasiswa dan Menghasilkan Monograf pada Materi Rainbow Connection*. Jember : Universitas Jember.
- Taufiq, A., Marhaenanto, B., Sujanarko, B., Hamzah, Z., Suratno, Dafik, Hobri, Ferdhani, A.E., dan Kuswardhani, N., 2018. *Pedoman Perencanaan, Pelaksanaan dan Penilaian Pembelajaran di Lingkungan Universitas Jember (Keputusan Rektor Universitas Jember Nomor 12609/UN25/KP/2018)*. Jember: Universitas Jember.
- Tirta, I. M. 2016. *Panduan Pemanfaatan Laboratorium Statistika Virtual*. Universitas Jember.

- Tremp, P. 2010. *Research-based Teaching and Learning* A LERU project. Munich: University of Zurich, Center for University Teaching and Learning.
- Wardani, P.L., Dafik, dan Tirta, I.M., 2019. The analysis of research based learning implementation in improving students conjecturing skills in solving local antimagic vertex dynamic coloring. *Journal of Physics: Conference Series*, 1211.
- Yudha, F. 2018. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Research Based Learning pada Mata Kuliah Pemodelan Matematika Kajian Locating Dominating Set untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif Abad 21 Mahasiswa*. Jember : Universitas Jember.



LAMPIRAN A.1

MATRIK PENELITIAN

Nama : Budi Sulistiyono
 NIM : 180220101021
 Dosen Pembimbing I : Prof. Drs. Slamir, M.Comp.Sc., Ph.D.
 Dosen Pembimbing II : Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D.

Judul	Permasalahan	Variabel	Indikator	Sumber Data	Metode Penelitian
Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan <i>Research Based Learning</i> dan Pengaruhnya terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa pada Materi <i>Rainbow antimagic coloring</i> pada Graf	1. Bagaimanakah proses Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika berdasarkan <i>Research Based Learning</i> dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif Mahasiswa pada Materi <i>Rainbow antimagic coloring</i> ?	1) Kemampuan berpikir kreatif dan inovatif 2) pembelajaran matematika berdasarkan <i>Research Based Learning</i> (RBL)	<i>Research Based Learning</i> (RBL) merupakan salah satu metode <i>Student-centered learning</i> (SCL) yang menggunakan <i>contextual learning</i> , <i>authentic learning</i> , <i>problem-solving</i> , <i>cooperative learning</i> , <i>hands on and mind on learning</i> , dan <i>inquiry discovery approach</i> sehingga pemetode dapat menginspirasi peserta didik untuk mengembangkan semua potensi yang mereka miliki dan menghasikan sesuatu dari proses berfikirnya.	Mahasiswa	Penelitian Kombinasi (<i>Mix Method</i>)

	<p>2. Bagaimana hasil Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika berdasarkan Research Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif dan Inovatif Mahasiswa pada Materi Rainbow antimagic coloring?</p>		<p><i>Research Based Learning (RBL)</i> merupakan salah satu metode <i>Student-centered learning (SCL)</i> yang menggunakan <i>contextual learning, authentic learning, problem-solving, cooperative learning, hands on and mind on learning, dan inquiry discovery approach</i> sehingga pemetode dapat menginspirasi peserta didik untuk mengembangkan semua potensi yang merka miliki dan menghasikan sesuatu dari proses berfikirnya.</p>	<p>Mahasiswa</p>	
--	--	--	---	------------------	--

LAMPIRAN A.2

KISI-KISI PERANGKAT PEMBELAJARAN

No	Indikator	Perangkat Pembelajaran				Pendekatan saintifik	RBL	Berpikir Kreatif dan Inovatif
		Silabus	RPS	LKM	Monograf			
1	Menentukan graf	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Ditunjukkan pada capaian pembelajaran	Ayo mengamati gambar pada riset 1	Mengamati hasil karya mahasiswa	Mengamati	Memberikan topik penelitian	Berpikir Kreatif
2	Menentukan kardinalitas dari suatu graf	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Ditunjukkan pada capaian pembelajaran	Ayo mengamati gambar pada riset 1	Menanya dengan cara lisan	Menanya	Memberikan topik penelitian	Berpikir Kreatif
3	Menentukan warna sisi pada sebuah graf dengan konsep pewarnaan biasa	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Ditunjukkan pada capaian pembelajaran	Ayo bertanya ditunjukkan pada kolom komentar	-	Menanya	Memberikan topik penelitian	Berpikir kreatif
4	Menentukan warna sisi pada sebuah graf dengan konsep rainbow coloring dan menentukan $rc(G)$ dari graf tersebut	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Ditunjukkan pada capaian pembelajaran	Dilakukan pada saat mengerjakan soal-soal yang ada	-	Mencoba	Mengkaji refrensi dari berbagai literatur	Bekerja secara Kreatif bersama yang lain

No	Indikator	Perangkat Pembelajaran				Pendekatan saintifik	RBL	Berpikir Kreatif dan Inovatif
		Silabus	RPS	LKM	Monograf			
5	Menentukan warna sisi pada sebuah graf dengan konsep local edge antimagic coloring	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Ditunjukkan pada capaian pembelajaran	Ayo mengamati gambar pada riset 2	-	Mencoba	Mengkaji refrensi dari berbagai literatur	Bekerja secara kreatif bersama yang lain
6	Menentukan warna sisi pada sebuah graf dengan konsep rainbow antimagic coloring dan menentukan $rc_A(G)$	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Dilakukan pada saat mengerjakan soal-soal yang ada	-	Menalar	Merumuskan hipotesis	Bekerja secara kreatif bersama yang lain
7	Menarik kesimpulan hingga membentuk rumus	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Ditunjukkan pada capaian mata kuliah	Ayo mencoba mengerjakan pada tes akhir, dari awal hingga akhir	-	Mengkomunikasikan	Laporan/presentasi	Implementasi inovasi

LAMPIRAN A.3

 UNIVERSITAS JEMBER FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN JURUSAN PENDIDIKAN MIPA PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN MATEMATIKA	
SILABUS	
Nama Mata Kuliah	: Kombinatorika
Kode Mata Kuliah	: KPM1313
Semester	: 3
SKS	: 2
Dosen Pengampu Mata Kuliah	: Prof. Drs. Slamim, M.Comp.Sc., Ph.D. [A]
Tim Pengajar	: Randi Pratama Murtikusuma, S.Pd., M.Pd. [B] Saddam Hussien, S.Pd., M.Pd. [C]
Deskripsi Mata Kuliah	: Mata kuliah ini secara umum membahas tentang teknik menghitung, permutasi, kombinasi, ekspansi binomial, peluang, peluang bersyarat, peluang saling asing, prinsip rekursi, dan inklusi-eksklusi.
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah	: <p>Sikap: S1 Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas dan memiliki karakter sebagai wujud pengamalan butir-butir Pancasila</p> <p>Pengetahuan: PP2 Menguasai objek matematika untuk pemecahan masalah, dan melaksanakan pembelajarannya</p> <p>Ketrampilan Umum: KUI Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif, dengan menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur dalam konteks pengembangan atau implementasi IPTEKS</p> <p>Ketrampilan Khusus: Mampu merencanakan, mengimplementasikan, dan mengevaluasi pembelajaran matematika dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi yang berorientasi kecakapan hidup (<i>thinking skill, social skill, academic skill, vocational skill</i>)</p> <p>CP Mata Kuliah</p> <p>(1) Mampu menerapkan dan menganalisis konsep-konsep dalam bidang kajian kombinatorik, serta menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan materi</p> <ol style="list-style-type: none"> prinsip dasar perhitungan (aturan penambahan dan perkalian) kombinasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait permutasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait ekspansi binomial dan menyelesaikan permasalahan yang terkait peluang dan menyelesaikan permasalahan yang terkait <p>(2) Mampu menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan konsep bidang kajian kombinatorik</p> <ol style="list-style-type: none"> Memformulasikan barisan dan deret secara eksplisit maupun implisit Menotasikan kembali formula barisan dan deret dalam

	<p>bentuk notasi rekursif</p> <p>c) Menggunakan induksi matematika dalam pembuktian pernyataan-pernyataan matematika</p> <p>d) Menggunakan teorema-teorema dalam teknik menghitung tingkat dasar maupun tingkat lanjut dalam penyelesaian masalah</p> <p>e) Memodelkan permasalahan matematika dalam bentuk persamaan relasi rekurensi</p>
Bahan Kajian	<p>:</p> <p>Materi perkuliahan dibagi menjadi dua pokok bahasan yaitu:</p> <p>(1) Teknik menghitung meliputi: teknik menghitung tingkat dasar, prinsip sarang merpati, permutasi dan kombinasi, koefisien binomial, dan generalisasi permutasi dan kombinasi</p> <p>(2) Menghitung tingkat lanjut meliputi: definisi relasi rekurensi, memodelkan permasalahan menggunakan relasi rekurensi, solusi relasi rekurensi homogen, solusi relasi rekurensi non homogen, fungsi pembangkit, prinsip inklusi-eksklusi dan penerapannya.</p>
Referensi	<p>:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gallier, Jean. 2011. Discrete Mathematics. New York: Springer. 2. Goodaire, Edgar G & Parmenter, Michael M. 2002. Discrete Mathematics with Graph Theory Second Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 3. Lovaz, Pelikan & Vesztergombi. 2003. Discrete Mathematics: Elementary and Beyond. New York : Spinger-verlag. 4. Lipschutz dan Lipson. 2007. Scaum' series: Discrete mathematics third editions. New york: McGraw-Hill 5. Rao, G. Shanker. 2009. Discrete Mathematical Structures, Second Edition. New Delhi: New Age International Limited Publishers 6. Rosen, Kenneth H. 2003. Discrete Mathematics and Its Applications. New York : McGraw-Hill.

LAMPIRAN A.4

 UNIVERSITAS JEMBER FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN JURUSAN PENDIDIKAN MIPA PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN MATEMATIKA						
RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)						
MATA KULIAH	KODE	Rumpun MK	BOBOT (sks)	SEMESTER	Tgl Penyusunan	
Kombinatorika	KPM1313	Mata Kuliah Pilihan	2	3	25 Februari 2019	
OTORISASI	Dosen Pengembang RPS	Koordinator Matakuliah	Ketua Program Studi		Dekan	
	Saddam Hussien, S.Pd., M.Pd.	Prof. Drs. Slamim, M.Comp.Sc., Ph.D.	Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.		Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.	
Capaian Pembelajaran (CP)	<p>CPL – Prodi</p> <p>Sikap: S1 Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas dan memiliki karakter sebagai wujud pengamalan butir-butir Pancasila</p> <p>Pengetahuan: PP2 Menguasai objek matematika untuk pemecahan masalah, dan melaksanakan pembelajarannya</p> <p>Ketrampilan Umum: KU1 Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif, dengan menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur dalam konteks pengembangan atau implementasi IPTEKS</p> <p>Ketrampilan Khusus: Mampu merencanakan, mengimplementasikan, dan mengevaluasi pembelajaran matematika dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi yang berorientasi kecakapan hidup (<i>thinking skill, social skill, academic skill, vocational skill</i>)</p> <p>CP-MK</p> <p>(1) Mampu menerapkan dan menganalisis konsep-konsep dalam bidang kajian kombinatorik, serta menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan materi</p> <ol style="list-style-type: none"> prinsip dasar perhitungan (aturan penambahan dan perkalian) kombinasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait permutasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait ekspansi binomial dan menyelesaikan permasalahan yang terkait peluang dan menyelesaikan permasalahan yang terkait <p>(2) Mampu menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan konsep bidang kajian kombinatorik</p> <ol style="list-style-type: none"> Memformulasikan barisan dan deret secara eksplisit maupun implisit Menotasikan kembali formula barisan dan deret dalam bentuk notasi rekursif Menggunakan induksi matematika dalam pembuktian pernyataan-pernyataan matematika 					

	d) Menggunakan teorema-teorema dalam teknik menghitung tingkat dasar maupun tingkat lanjut dalam penyelesaian masalah e) Memodelkan permasalahan matematika dalam bentuk persamaan relasi rekurensi					
Deskripsi Singkat Mata Kuliah	Mata kuliah ini secara umum membahas tentang teknik menghitung, permutasi, kombinasi, ekspansi binomial, peluang, peluang bersyarat, peluang saling asing, prinsip rekursi, dan inklusi-eksklusi.					
Materi Pembelajaran/ Pokok Bahasan	Materi perkuliahan dibagi menjadi dua pokok bahasan yaitu: (1) Teknik menghitung meliputi: teknik menghitung tingkat dasar, prinsip sarang merpati, permutasi dan kombinasi, koefisien binomial, dan generalisasi permutasi dan kombinasi (2) Menghitung tingkat lanjut meliputi: definisi relasi rekurensi, memodelkan permasalahan menggunakan relasi rekurensi, solusi relasi rekurensi homogen, solusi relasi rekurensi non homogen, fungsi pembangkit, prinsip inklusi-eksklusi dan penerapannya.					
Daftar Pustaka/ Referensi	1. Gallier, Jean. 2011. Discrete Mathematics. New York: Springer. 2. Goodaire, Edgar G & Parmenter, Michael M. 2002. Discrete Mathematics with Graph Theory Second Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 3. Lovaz, Pelikan & Vesztergombi. 2003. Discrete Mathematics: Elementary and Beyond. New York : Spinger-verlag. 4. Lipschutz dan Lipson. 2007. Scaum' series: Discrete mathematics third editions. New york: McGraw-Hill 5. Rao, G. Shanker. 2009. Discrete Mathematical Structures, Second Edition. New Delhi: New Age International Limited Publishers 6. Rosen, Kenneth H. 2003. Discrete Mathematics and Its Applications. New York : McGraw-Hill.					
Media Pembelajaran	<i>Software</i> 1. MS Power Point/Pdf Viewer 2. LaTeX 3. Browser: E-learning UNEJ			<i>Hardware</i> 1. Proyektor/LCD 2. Pointer 3. Laptop / Komputer		
Team Teaching	Prof. Drs. Slamim, M.Comp.Sc., Ph.D. Randi Pratama Murtikusuma, S.Pd., M.Pd					
Matakuliah Prasarat	-					
Pert. ke-	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Indikator	Kriteria dan Bentuk Penilaian	Metode Pembelajaran [Estimasi Waktu]	Materi Pembelajaran [Pustaka]	Bobot Penilaian (%)
1-5	<ul style="list-style-type: none"> Memahami isi Kontrak Kuliah, dan Dokumen Pembelajaran Memahami teknis dasar perhitungan serta mampu menerapkannya dalam pemecahan masalah yang terkait Menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan konsep permutasi serta mampu menerapkan konsep dalam pemecahan masalah yang terkait Menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan konsep kombinasi serta mampu menerapkannya dalam pemecahan 	✓ Kemampuan mahasiswa dalam, memformulasikan, atau menganalisis konsep prinsip dasar perhitungan, permutasi, kombinasi dan ekspansi binomial	Kriteria: ✓ Ketepatan penjelasan ✓ Komunikasi (tertulis dan lisan/verbal) ✓ Keterampilan pembuktian ✓ Keterampilan pembuktian ✓ Ketajaman analisis ✓ pemahaman dan kebenaran konsep Metode:	Model: <i>direct learning</i> Metode: diskusi, ekspositori, dan <i>cooperative learning</i> [TM : 5(2*50 menit)]	<ul style="list-style-type: none"> Membahas kontrak kuliah Membahas objek kajian kombinatorik dan aplikasinya Aturan Dasar Perhitungan Permutasi Kombinasi Ekspansi Binomial 	Kognitif 8%

	<p>masalah yang terkait</p> <ul style="list-style-type: none"> Menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan konsep ekspansi binomial 		<ul style="list-style-type: none"> Non Tes (Dokumen) Lembar Observasi Penilaian sikap 1 (S1) - sikap 9 (S9) 			
6-7	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan konsep peluang serta mampu menerapkannya dalam pemecahan masalah yang terkait Menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan konsep peluang bersyarat dan peluang saling lepas serta mampu menerapkannya dalam pemecahan masalah yang terkait 	<ul style="list-style-type: none"> Kemampuan mahasiswa dalam menjelaskan, mendeskripsikan, memformulasikan, atau menganalisis konsep peluang 	<p>Kriteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ketepatan penjelasan Komunikasi (tertulis dan lisan/verbal) Keterampilan pembuktian Keterampilan pembuktian Ketajaman analisis pemahaman dan kebenaran konsep <p>Metode:</p> <ul style="list-style-type: none"> Non Tes (Dokumen) Lembar Observasi Penilaian sikap 1 (S1) - sikap 9 (S9) 	<p>Model: <i>direct learning</i></p> <p>Metode: <i>small group discussion, Kooperatif learning, problem-based learning/inquiry.</i></p> <p>TM : 2*(2*50 menit) TS : 2*(2*60 menit)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Peluang Peluang Saling Lepas Peluang Bersyarat 	Kognitif 7%
8	UJIAN TENGAH SEMESTER	Kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan/memecahkan permasalahan	<p>Kriteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ketepatan penjelasan Komunikasi (tertulis dan lisan/verbal) Keterampilan pembuktian Keterampilan pembuktian Ketajaman analisis pemahaman dan kebenaran konsep <p>Metode:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tes (Dokumen) 	<p>TM : 1*(2*50 menit) TD : 1*(2*60 menit)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Aturan Dasar Perhitungan Permutasi Kombinasi Ekspansi Binomial Peluang Peluang Saling Lepas Peluang Bersyarat 	Kognitif 35 %
9-15	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisis permasalahan-permasalahan yang dapat diselesaikan dengan konsep teknik menghitung tingkat lanjut Menggunakan dan menganalisis teorema- 	<ul style="list-style-type: none"> Kemampuan mahasiswa dalam memformulas 	<p>Kriteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ketepatan penjelasan Komunikasi (tertulis dan lisan/verbal) 	<p>Model: <i>direct learning</i></p> <p>Metode:</p>	<ul style="list-style-type: none"> Definisi relasi rekurensi Pemodelan dengan relasi rekurensi Solusi relasi rekurensi linier 	Kognitif 15%

	<p>teorema dalam teknik menghitung tingkat lanjut dalam penyelesaian masalah</p> <ul style="list-style-type: none"> Memodelkan permasalahan matematika dalam bentuk persamaan relasi rekurensi 	<p>ikan, atau menganalisis konsep tentang teknik menghitung tingkat lanjut serta kemampuan dalam penyelesaian masalah</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Keterampilan pembuktian ✓ Keterampilan pembuktian ✓ Ketajaman analisis ✓ pemahaman dan kebenaran konsep <p>Metode:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Non Tes (Dokumen) ✓ Lembar Observasi Penilaian sikap 1 (S1) - sikap 9 (S9) 	<p><i>small group discussion, Kooperatif learning, problem-based learning/inquiry.</i></p> <p>TM : 6*(2*50 menit) TS : 6*(2*60 menit)</p>	<p>homogen</p> <ul style="list-style-type: none"> Solusi relasi rekurensi linier nonhomogen Fungsi pembangkit Prinsip inklusi-eksklusi Penerapan prinsip inklusi-eksklusi 	
16	UJIAN AKHIR SEMESTER	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan/memecahkan permasalahan 	<p>Kriteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ketepatan penjelasan ✓ Komunikasi (tertulis dan lisan/verbal) ✓ Keterampilan pembuktian ✓ Keterampilan pembuktian ✓ Ketajaman analisis ✓ pemahaman dan kebenaran konsep <p>Metode: Tes (Dokumen)</p>	<p>TM : 1*(2*50 menit) TD : 1*(2*60 menit)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Solusi relasi rekurensi linier homogen Solusi relasi rekurensi linier nonhomogen Fungsi pembangkit Prinsip inklusi-eksklusi Penerapan prinsip inklusi-eksklusi 	Kognitif 35%

LAMPIRAN A.5

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Fakultas	: Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Prodi	: Pendidikan Matematika
Mata Kuliah	: Kombinatorika
Semester	: 3
SKS	: 2
Dosen Pengampu	:
Bahan Kajian	: <i>Rainbow antimagic coloring</i>
Pertemuan ke	: 1 – 2
Kemampuan Akhir	: Setelah akhir pembelajaran diharapkan mahasiswa mampu memahami dan mengembangkan <i>rainbow antimagic coloring</i> dari suatu graf
Sub Bahan Kajian	: Kardinalitas, <i>rainbow coloring</i> , <i>rainbow antimagic coloring</i>
Sumber Pembelajaran	: Buku dan Jurnal Penelitian terkait
Media Pembelajaran	: LKM
Pendekatan/metode	: Penemuan berbasis riset
Skenario Pembelajaran	:
	<ul style="list-style-type: none"> • Pertemuan ke 1: Kardinalitas dan <i>rainbow coloring</i>

KEGIATAN PEMBELAJARAN		ESTIMASI WAKTU
Kegiatan Pendahuluan		15'
Dosen	Mahasiswa	
1. Memberikan topik penelitian berupa materi <i>rainbow coloring</i>		
1. Membuka dengan salam dan doa	1. Mengucap salam dan doa	2'
2. Menyampaikan tujuan pembelajaran yaitu mengetahui konsep dasar graf (kardinalitas)	2. Memperhatikan dan jika perlu mencatat tujuan pembelajaran	3'
3. Membangkitkan pengetahuan mahasiswa dengan memberikan contoh-contoh penerapan graf dalam kehidupan sehari-hari	3. Memperhatikan contoh yang diberikan dosen	5'
4. Menjelaskan bahan kajian yang akan dipelajari tentang kardinalitas graf, <i>rainbow coloring</i> .	4. Mendengarkan penjelasan dosen terkait bahan kajian yang akan dipelajari tentang kardinalitas graf, <i>rainbow coloring</i>	5'

KEGIATAN PEMBELAJARAN		ESTIMASI WAKTU
Kegiatan Pendahuluan		15'
Dosen	Mahasiswa	
1. Memberikan topik penelitian berupa materi rainbow coloring		
Kegiatan Inti		75'
Dosen	Mahasiswa	
2. Mengkaji referensi dari artikel terkait		
5. Membagi mahasiswa dalam beberapa kelompok yang heterogen	5. Membentuk kelompok belajar sesuai arahan dosen	5'
6. Memberikan referensi (pengetahuan awal) berupa artikel-artikel pada penelitian sebelumnya tentang rainbow coloring	6. Menerima referensi yang diberikan oleh dosen	5'
7. Memberikan penjelasan mengenai isi artikel tersebut kemudian menginstruksikan mahasiswa untuk berdiskusi mengenai isi artikel terdahulu tentang rainbow coloring	7. Mendengarkan penjelasan dosen kemudian berdiskusi mengenai isi artikel yang diberikan dosen	10'
3. Merumuskan hipotesis penelitian yang akan dilakukan		
4. Menentukan metode penelitian		
8. Mengobservasi mahasiswa saat berdiskusi	8. Melakukan diskusi	10'
9. Memberikan tugas kepada setiap kelompok untuk mendaftar graf yang sudah menjadi bahan penelitian sebelumnya	9. Mencari graf yang akan dijadikan penelitian dalam kelompok	10'
5. Observasi untuk mencari data		
10. Setelah semua graf didaftar, dosen menginstruksikan kepada setiap kelompok untuk mencari graf yang akan dijadikan penelitian	10. Mencari graf yang akan digunakan dalam penelitian	15'
6. Analisis data secara berkelompok		
11. Setelah masing-masing kelompok mendapatkan graf	11. Mencari kardinalitas graf dan pewarnaan rainbow	20'

KEGIATAN PEMBELAJARAN		ESTIMASI WAKTU
Kegiatan Pendahuluan		15'
Dosen	Mahasiswa	
1. Memberikan topik penelitian berupa materi rainbow coloring		
yang akan diteliti, dosen menginstruksikan untuk mencari kardinalitas graf tersebut dan memberi warna pada sisi graf dengan konsep rainbow coloring	coloringnya	
Kegiatan Penutup		10'
Dosen	Mahasiswa	
7. Hasil dan presentasi		
12. Menunjuk kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi dan tugas kelompok	12. Mempresentasikan hasil diskusi dan tugas kelompok	5'
13. Memberi penguatan akhir tentang materi yang dibahas	13. Mendengarkan penguatan yang diberikan dosen	3'
14. Menutup dengan salam dan doa	14. Mengucapkan salam dan doa	2'

• **Pertemuan ke 2:** Kajian *rainbow antimagic coloring*

KEGIATAN PEMBELAJARAN		ESTIMASI WAKTU
Kegiatan Pendahuluan		15'
Dosen	Mahasiswa	
1. Memberikan topik penelitian berupa materi rainbow antimagic coloring		
1. Membuka dengan salam dan doa	1. Mengucapkan salam dan doa	2'
2. Menyampaikan tujuan pembelajaran yaitu mengetahui konsep <i>rainbow antimagic coloring</i> pada suatu graf	2. Memperhatikan dan jika perlu mencatat tujuan pembelajaran	3'
3. Meminta mahasiswa mengingat kembali materi sebelumnya	3. Mengingat kembali materi sebelumnya	5'
4. Menjelaskan bahan kajian yang akan dipelajari tentang <i>rainbow antimagic coloring</i> pada suatu graf	4. Mendengarkan penjelasan dosen terkait bahan kajian yang akan dipelajari tentang <i>rainbow antimagic coloring</i> pada suatu graf	5'
Kegiatan Inti		75'

KEGIATAN PEMBELAJARAN		ESTIMASI WAKTU
Kegiatan Pendahuluan		15'
Dosen	Mahasiswa	
1. Memberikan topik penelitian berupa materi rainbow antimagic coloring		
Dosen	Mahasiswa	
2. Mengkaji refrensi dari artikel terkait		
5. Membagi mahasiswa dalam beberapa kelompok yang heterogen	5. Membentuk kelompok belajar sesuai arahan dosen	5'
6. Memberikan referensi (pengetahuan awal) berupa jurnal penelitian	6. Menerima referensi yang diberikan oleh dosen	5'
7. Memberikan penjelasan mengenai jurnal tersebut	7. Mendengarkan penjelasan dosen	10'
3. Merumuskan hipotesis penelitian yang akan dilakukan		
4. Menentukan metode penelitian		
8. Mengobservasi mahasiswa saat berdiskusi	8. Melakukan diskusi	
9. Memberikan tugas kepada setiap kelompok untuk mendaftar graf yang sudah menjadi bahan penelitian sebelumnya	9. Mencari graf yang akan dijadikan penelitian dalam kelompok	10'
10. Membagi LKM yang dijadikan alat bantu penelitian berupa langkah-langkah penelitian materi rainbow antimagic coloring	10. Menerima LKM yang dibagikan dosen	10'
		5'
5. Observasi untuk mencari data		
11. Dosen mengisntruksikan kepada setiap kelompok untuk mencari graf yang akan dijadikan penelitian sekaligus mengerjakan LKM	11. Mencari graf yang akan digunakan dalam penelitian dan mengerjakan LKM	15'
6. Analisis data secara berkelompok		

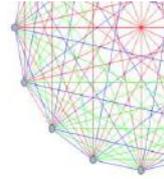
KEGIATAN PEMBELAJARAN		ESTIMASI WAKTU
Kegiatan Pendahuluan		15'
Dosen	Mahasiswa	
1. Memberikan topik penelitian berupa materi rainbow antimagic coloring		
12. Setelah masing-masing kelompok mendapatkan graf yang akan diteliti, dosen menginstruksikan untuk mencari kardinalitas graf tersebut dan memberi warna pada sisi graf dengan konsep rainbow antimagic coloring	12. Mencari kardinalitas graf dan pewarnaan rainbow antimagic coloringnya	15'
Kegiatan Penutup		10'
7. Hasil dan presentasi		
Dosen	Mahasiswa	
13. Mengarahkan mahasiswa untuk membuat kesimpulan	13. Membuat kesimpulan	5'
14. Memberi penguatan akhir tentang materi yang dibahas	14. Mendengarkan penguatan yang diberikan dosen	3'
15. Menutup dengan salam dan doa	15. Mengucapkan salam dan doa	2'

Penilaian Hasil Belajar:

- 1) Prosedur penilaian
 - a. Penilaian proses yaitu proses selama kegiatan pembelajaran berlangsung
 - b. Penilaian hasil yang berupa post tes
- 2) Jenis penilaian : Tes

LAMPIRAN A.6

Pre-Tes

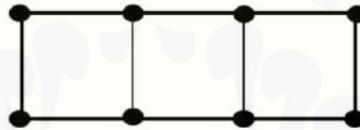


Nama :

NIM :

Petunjuk Tes

1. Berdoalah sebelum mengerjakan!
2. Tuliskan nama dan NIM pada tempat yang sudah disediakan!
3. Bertanyalah jika Anda merasa kesulitan dalam mengerjakan tes ini!

90
menit

Soal

Berpikir kreatif

1. Perhatikan gambar graf di bawah ini! Kemudian berilah notasi graf tersebut! Coba jelaskan mengapa Anda memberikan notasi seperti itu!

Jawaban nomor 1

Soal

Bekerja secara kreatif bersama orang lain

2. Tuliskan kardinalitasnya!Coba tuliskan cara Anda dalam mengerjakan soal nomor 2!

Jawaban nomor 2



Soal

Berpikir kreatif

3. Labeli titik-titik pada graf tersebut dengan tujuan memperoleh bobot sisi yang paling sedikit!Coba berikan alasan mengapa Anda memberi label dengan cara seperti itu!

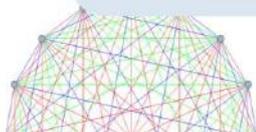
Jawaban nomor 3

Soal

Bekerja secara kreatif bersama orang lain

4. Jumlahkan label pada kedua titik yang bertetangga kemudian daftarliah banyaknya bobot sisi yang Anda hasilknn dari pelabelan nomor 3!Apakah menurut Anda bobot sisi yang telah didapatkan merupakan bobot ssi yang paling minimum?Coba berikan komentar Anda!

Jawaban nomor 4



Soal

Implementasi inovasi

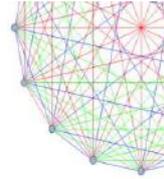
5. Cobalah menexpand graf pada nomor 1 kemudian lakukan langkah 3 dan 4! Apakah Anda masih mendapatkan bobot sisi yang minimum? Coba jelaskan!

Jawaban nomor 4



LAMPIRAN A.7

Post-Tes



Nama :

NIM :

Petunjuk Tes

1. Berdoalah sebelum mengerjakan!
2. Tuliskan nama dan NIM pada tempat yang sudah disediakan!
3. Bertanyalah jika Anda merasa kesulitan dalam mengerjakan tes ini!

90
menit

Soal

Berpikir kreatif

1. Pilih dan gambarkan sebuah graf yang akan Anda jadikan bahan penelitian!Coba berikan alasan mengapa Anda memilih graf tersebut!

Jawaban nomor 1

Soal

Bekerja secara kreatif bersama orang lain

2. Berikan notasi pada graf tersebut kemudian tuliskan kardinalitasnya!Coba tuliskan cara Anda dalam mengerjakan soal nomor 2!

Jawaban nomor 2



Soal

Berpikir kreatif

3. Labeli titik-titik pada graf tersebut dengan tujuan memperoleh bobot sisi yang paling sedikit!Coba berikan alasan mengapa Anda memberi labe degan cara seperti itu!

Jawaban nomor 3

Soal

Bekerja secara kreatif bersama orang lain

4. Jumlahkan label pada kedua titik yang bertetangga kemudian daftarlh banyaknya bobot sisi yang Anda hasilknn dari pelabelan nomor 3!Apakah menurut Anda bobot sisi yang telah didapatkan merupakan bobot ssi yang paling minimum?Coba berikan komentar Anda!

Jawaban nomor 4



Soal

Implementasi inovasi

5. Cobalah menexpand graf sudah Anda pilihkemudian lakukan langkah 3 dan 4! Apakah Anda masih mendapatkan bobot sisi yang minimum?Coba jelaskan!

Jawaban nomor 4



LAMPIRAN A.8

LKM

MENJADI MAHASISWA KREATIF-INOVATIF

RAINBOW ANTIMAGIC COLORING



KOMBINATORIKA

MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS JEMBER

LKM

Rainbow Antimagic Coloring

Setelah pembelajaran ini diharapkan mampu:

Mengembangkan Rainbow Antimagic Coloring serta menentukan Rainbow Antimagic Connection Number

Indikator:

Mahasiswa dapat menentukan Rainbow Antimagic Connection Number dari suatu graf

Petunjuk LKM:

- Berdoalah sebelum mengerjakan
- Perhatikan penjelasan dosen tentang proses pembelajaran yang akan dilakukan
- Buatlah kelompok dengan anggota 3-4 orang
- Tulislah nama anggota pada kolom yang disediakan
- Bacalah LKM ini dengan cermat dan teliti
- Jawablah pertanyaan pada kotak yang disediakan

Nama Anggota:

1. _____ NIM _____

2. _____ NIM _____

3. _____ NIM _____

4. _____ NIM _____

Lembar Kerja Mahasiswa

Memberikan permasalahan berupa suatu topik penelitian

Salah satu konsep dasar graf adalah pewarnaan sisi. Ada beberapa cara mewarnai sisi sebuah graf, pada LKM ini akan dibahas cara mewarnai graf dengan cara rainbow. Pewarnaan rainbow didefinisikan sebagai berikut:

Definisi

Mengkaji referensi dari literatur terkait

Misalkan G adalah graf terhubung tak-trivial dan didefinisikan pewarnaan sisi $c: E(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$, $k \in \mathbb{N}$, sedemikian sehingga dua sisi bertetangga boleh memiliki warna yang sama. Suatu $u - v$ path P di G dikatakan *rainbow path* jika tidak ada dua sisi di P yang memiliki warna yang sama. Graf G dikatakan *rainbow connected* jika setiap dua titik yang berbeda di G dihubungkan dengan rainbow path. Pewarnaan sisi yang menyebabkan G bersifat *rainbow connected* dikatakan *rainbow coloring*. *Rainbow connection number* atau $rc(G)$ dari G didefinisikan sebagai banyaknya warna minimal yang diperlukan untuk membuat graf G *rainbow connected* (Chartrand, 2006)

V = Himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (vertices atau node), atau dapat ditulis $V = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

E = Himpunan sisi (edges atau arcs) yang menghubungkan sepasang simpul, atau dapat ditulis $E = \{x_1x_2, x_2x_3, \dots, x_{n-1}x_n\}$

$|V|$ = Jumlah titik suatu graf (order)

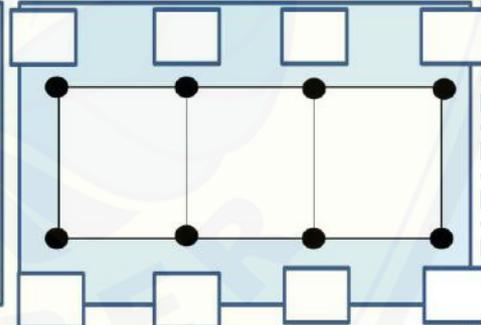
$|E|$ = Jumlah sisi suatu graf (size)

Prosedur penelitian

RISET 1

Amatilah graf di samping!

Coba anda tuliskan kardinalitas graf di samping yang meliputi pelabelan titik, sisi, banyaknya titik dan sisi!



Kardinalitas graf tangga adalah:

$V =$

$|V| =$

$E =$

$|E| =$

Lembar Kerja Mahasiswa

Memberikan permasalahan berupa suatu topik penelitian

Selanjutnya akan dijelaskan pewarnaan rainbow antimagic, definisi dari pewarnaan rainbow antimagic adalah:

Definisi

Mengkaji referensi dari literatur terkait

Misalkan $G(V, E)$ sebuah graf dengan himpunan titik V dan himpunan sisi E . Fungsi bijektif $f: V \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, |V(G)|\}$ disebut pelabelan antimagic jika terdapat rainbow path diantara dua pasang titik dan untuk setiap sisi $e = uv \in E(G)$, bobot $w(e) = f(u) + f(v)$. Graf G rainbow antimagic jika G dilabeli dengan pelabelan rainbow antimagic.

Rainbow antimagic connection number bisa ditulis $rc_A(G)$ adalah bilangan terkecil yang diperlukan untuk mewarnai sebuah graf agar graf G rainbow connected.

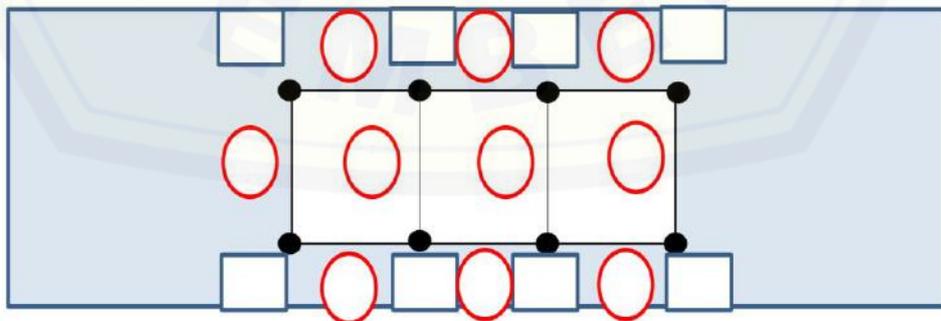
Prosedur penelitian

RISET 2

Amatilah graf di samping!

Tentukan pewarnaan rainbow antimagic dan rc_A nya!

Langkah pertama yang dilakukan sebelum menentukan bobot sisi, perlu ditentukan label titik pada graf di atas. Setelah diberi label pada setiap titiknya, tentukan bobot sisi dengan cara menjumlahkan label pada titik-titik yang bertetangga. Setelah itu tentukan banyaknya bobot sisi yang berbeda untuk menentukan rc_A pada graf tangga.



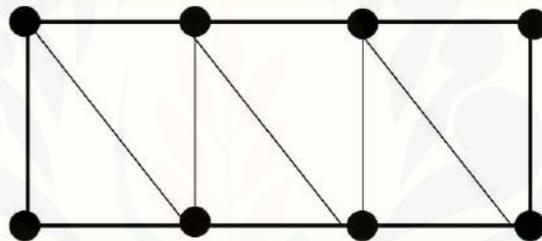
Lembar Kerja Mahasiswa

AYO MENCoba

Analisis data dan diskusi secara kelompok

Amatilah graf di bawah ini !

Berilah notasi di setiap titik pada graf, kemudian tentukan kardinalitasnya, dan pewarnaan rainbow antimagic $rc_A(G)$!



PENYELESAIAN

Laporan dan presentasi

Lembar Kerja Mahasiswa

AYO MENCoba

Analisis data dan diskusi secara kelompok

Carilah atau buatlah sebuah graf, kemudian tentukan kardinalitas dan pewarnaan rainbow antimagic, $rc(G)$, dan $rc_A(G)$!

PENYELESAIAN

Laporan dan presentasi

LAMPIRAN A.9**LEMBAR OBSERVASI AKTIVITAS MAHASISWA**

Hari / tanggal observasi :
 Mata Kuliah : Kombinatorika
 Pokok Bahasan : *Rainbow Antimagic Coloring*
 Pertemuan ke- :

A. Petunjuk

- Berilah tandacentang (√) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda!
- Kriteria skor penilaian terdapat pada lembar pedoman aktivitas pendidik.
- Pengamatan dilakukan sejak dosen memulai pelajaran!

No	ASPEK YANG DINILAI	SIKAP PENILAIAN			
		1	2	3	4
I. PENDAHULUAN					
1.	Mahasiswa mempunyai perhatian dan rasa motivasi terhadap penyajian tujuan pembelajaran				
2.	Mahasiswa mendengarkan penjelasan dosen terkait bahan kajian yang akan di pelajari				
II. KEGIATAN INTI					
1.	Mahasiswa membentuk kelompok				
2.	Mahasiswa mempunyai perhatian dan motivasi terhadap penyajian referensi berupa jurnal penelitian				
3.	Mahasiswa mengumpulkan data melalui diskusi				
4.	Mahasiswa menyajikan data yang diperoleh pada LKM				
5.	Mahasiswa menganalisis data yang diperoleh pada LKM				
6.	Mahasiswa mempresentasikan hasil diskusi				
III. PENUTUP					
1.	Mahasiswa dapat membuat kesimpulan				

LAMPIRAN A.10**LEMBAR OBSERVASI KEMAMPUAN PENDIDIK DALAM
MENGELOLA PEMBELAJARAN**

Hari / tanggal observasi :
 Mata Kuliah : Kombinatorika
 Pokok Bahasan : *Rainbow Antimagic Coloring*
 Pertemuan ke- :

Petunjuk:

- Berilah tanda centang(✓) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda!
- Kriteria skor penilaian terdapat pada lembar pedoman aktivitas pendidik.
- Pengamatan dilakukan sejak dosen memulai pelajaran!

No	ASPEK YANG DINILAI	SKALA PENILAIAN			
		1	2	3	4
I. PENDAHULUAN					
1.	Membuka dengan salam dan doa				
2.	Menyampaikan tujuan pembelajaran				
3.	Memotivasi mahasiswa				
4.	Menyampaikan bahan kajian yang akan dipelajari				
II. KEGIATAN INTI					
1.	Mengorganisasi mahasiswa dalam kelompok belajar yang heterogen				
2.	Menyajikan referensi jurnal penelitian terkait materi yang dipelajari				
3.	Mengobservasi mahasiswa saat mengumpulkan data melalui diskusi				
4.	Mengobservasi mahasiswa saat menyajikan data yang diperoleh pada LKM				
5.	Mengobservasi mahasiswa saat menganalisis data yang diperoleh pada LKM				
6.	Memotivasi kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi				
7.	Memberikan evaluasi				
III. PENUTUP					
1.	Membimbing mahasiswa untuk menyusun kesimpulan				
2.	Menyampaikan materi yang akan dipelajari pada pertemuan selanjutnya				
3.	Menutup dengan salam dan doa				

Saran :

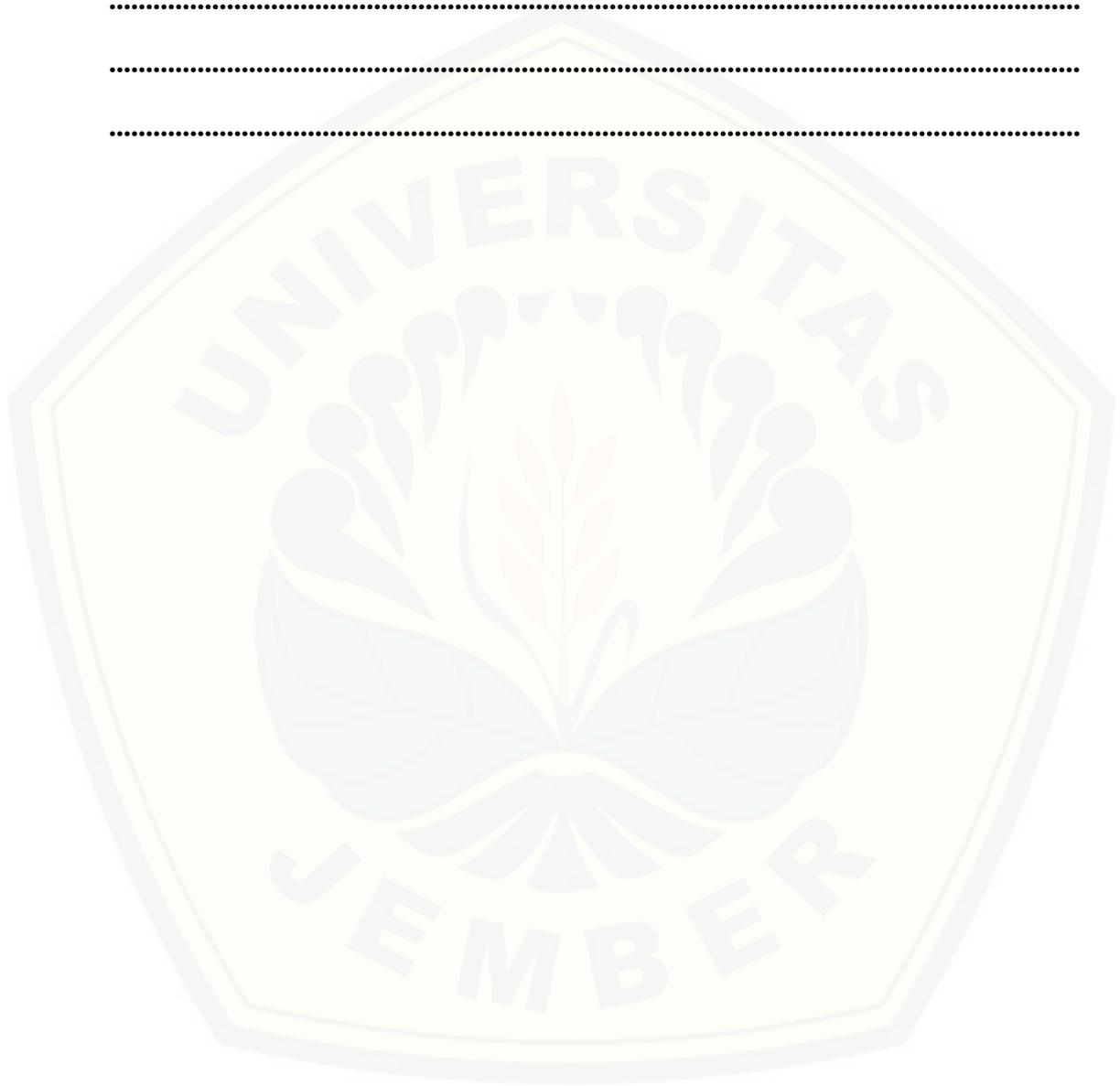
.....

.....

.....

.....

.....



LAMPIRAN A.11

**ANGKET RESPON MAHASISWA TERHADAP KEGIATAN
PEMBELAJARAN**

Dalam rangka pengembangan perangkat pembelajaran matematika berbasis riset di kelas, kami mohon tanggapan saudara/saudari mahasiswa terhadap proses pembelajaran menggunakan model *Research Based Learning* sub pokok *Rainbow Antimagic Coloring* yang telah dilakukan. Jawaban saudara/saudari mahasiswa akan kami rahasiakan. Oleh karena itu, jawablah dengan sejujurnya karena hal ini tidak akan berpengaruh terhadap nilai mata kuliah ini.

Petunjuk Pengisian Angket :

1. Pada angket ini terdapat pertanyaan. Berilah jawaban yang benar-benar cocok dengan pilihanmu.
2. Berilah tandacentang (\surd) pada kolom yang sesuai dengan pendapatmu untuk setiap pertanyaan yang diberikan.
3. Berilah alasanmu dengan mengisi di kolom alasan.

NO	ASPEK YANG DIRESPO	PENILAIAN		ALASAN
		YA	TIDAK	
1.	Apakah Anda merasa senang terhadap komponen pembelajaran berikut ini?			
	Materi Pembelajaran			
	Lembar Kerja Mahasiswa			
	Suasana Pembelajaran			
	Cara Dosen Mengajar			
2.	Apakah komponen pembelajaran berikut baru?			
	Materi Pembelajaran			
	Lembar Kerja Mahasiswa			
	Suasana Pembelajaran			
	Cara Dosen Mengajar			
3.	Apakah Anda berminat mengikuti pembelajaran ini?			
4.	Apakah Anda dapat memahami dengan jelas bahasa yang digunakan pada :			
	Lembar Kerja Mahasiswa			
	Lembar soal tes akhir riset			
5.	Apakah Anda dapat mengerti maksud setiap soal/masalah yang disajikan pada :			
	Lembar Kerja Mahasiswa			
	Lembar soal tes akhir riset			
6.	Apakah Anda tertarik dengan penampilan (tulisan, gambar, dan letak gambar) pada :			

NO	ASPEK YANG DIRESPON	PENILAIAN		ALASAN
		YA	TIDAK	
	Lembar Kerja Mahasiswa			
	Lembar soal tes akhir riset			
7.	Apakah Anda senang berdiskusi dengan anggota kelompok untuk menyelesaikan masalah dengan saling bertukar hasil jawaban?			
Jumlah Penilaian				
Presentase respon siswa				



LAMPIRAN A.12

PEDOMAN WAWANCARA**A. Petunjuk Wawancara**

1. Wawancara dilakukan setelah mahasiswa mengerjakan tes hasil belajar (Post-test)
2. Wawancara yang dilakukan dengan peserta didik mengacu pada pedoman wawancara.
3. Wawancara tidak harus berjalan sesuai urutan pertanyaan pada pedoman wawancara dan pertanyaan yang diberikan lanjutan sesuai dengan jawaban responden.
4. Pedoman wawancara hanya digunakan sebagai garis besar saja, dan peneliti diperbolehkan untuk mengembangkan pembicaraan (diskusi) ketika wawancara berlangsung karena wawancara ini tergolong wawancara yang bebas terpimpin.
5. Pada proses wawancara peserta didik kemampuan berpikir kreatif-inovatif yang dilakukan setelah mengerjakan tes hasil belajar (Post-tes)

B. Pedoman wawancara

Tahapan Proses Keterampilan Berpikir Kreatif -Inovatif	Pertanyaan
Berpikir kreatif 1) Menggunakan cakupan yang luas untuk mengkreasi ide seperti adu argumen. 2) Mengkreasi sesuatu yang baru yang berguna baik konsep biasa maupun luar biasa 3) Mengolaborasikan ide-ide mereka untuk meningkatkan hasil-hasil kreatif	Tahapan apa yang Anda lakukan pada saat mendapatkan permasalahan tersebut?
Bekerja secara kreatif dengan orang lain	Tahapan apa yang Anda lakukan pada saat mendapatkan

Tahapan Proses Keterampilan Bepikir Kreatif -Inovatif	Pertanyaan
1) Mengembangkan dan mengimplementasikan serta mengkomunikasikan ide baru terhadap yang lain 2) Terbuka, respon terhadap sesuatu yang baru dan berbeda 3) Bekerja secara intensif dalam kelompok, dan memberikan masukan terhadap hasil pekerjaan	permasalahan tersebut?
Implementasi Inovasi 1) Bekerja dalam ide yang kreatif untuk membuat sesuatu yang nyata dan berguna ke dalam sebuah kajian dimana inovasi itu akan terjadi	Tahapan apa yang Anda lakukan pada saat mendapatkan permasalahan tersebut?

LAMPIRAN B.1**LEMBAR VALIDASI
SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)**

Mata Kuliah : Matematika Diskrit
 Materi : *Rainbow antimagic coloring*
 Kelas/Semester :
 Nama Validator :

A. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini digunakan untuk mengukur kevalidan SAP dalam pelaksanaan pembelajaran matematika yang implementasinya menggunakan pendekatan pembelajaran *research based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif- inovatif peserta didik.

B. Petunjuk

Mohon kesedian Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda centang (√) pada kolom penilaian yang sesuai pendapat Anda!

Keterangan skala penilaian:

- 1 : berarti “tidak baik”
- 2 : berarti “cukup baik”
- 3 : berarti “baik”
- 4 : berarti “Sangat baik”

C. Penilaian ditinjau dari beberap aspek

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Perumusan tujuan pembelajaran					
1.	Kejelasan kompetensi inti dan kompetensi dasar				
2.	Kesesuaian kompetensi inti dan kompetensi dasar dengan tujuan pembelajaran				
3.	Ketepatan penjabaran kompetensi dasar kedalam indikator				
4.	Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran				
5.	Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan				

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
	peserta didik				
II. Isi SAP					
1.	Sistematika penyusunan SAP				
2.	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model <i>research based learning</i>				
3.	Kejelasan tahap-tahap kegiatan pembelajaran dari pendahuluan, inti dan penutup				
III. Bahasa dan tulisan					
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)				
2.	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif dan mudah dipahami				
IV. Waktu					
1.	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan				
2.	Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran				

D. Penilaian umum

Kesimpulan penilaian secara umum**):

- a. Satuan Acara Perkuliahan ini:
 - 1 : berarti “tidak baik”
 - 2 : berarti “cukup baik”
 - 3 : berarti “baik”
 - 4 : berarti “Sangat baik”
- b. Satuan Acara Perkuliahan ini:
 - 1: belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
 - 2: dapat digunakan dengan banyak revisi
 - 3: dapat digunakan dengan sedikit revisi
 - 4: dapat digunakan tanpa revisi

***) *Lingkarilah nomor atau angka sesuai dengan pilihan Anda*

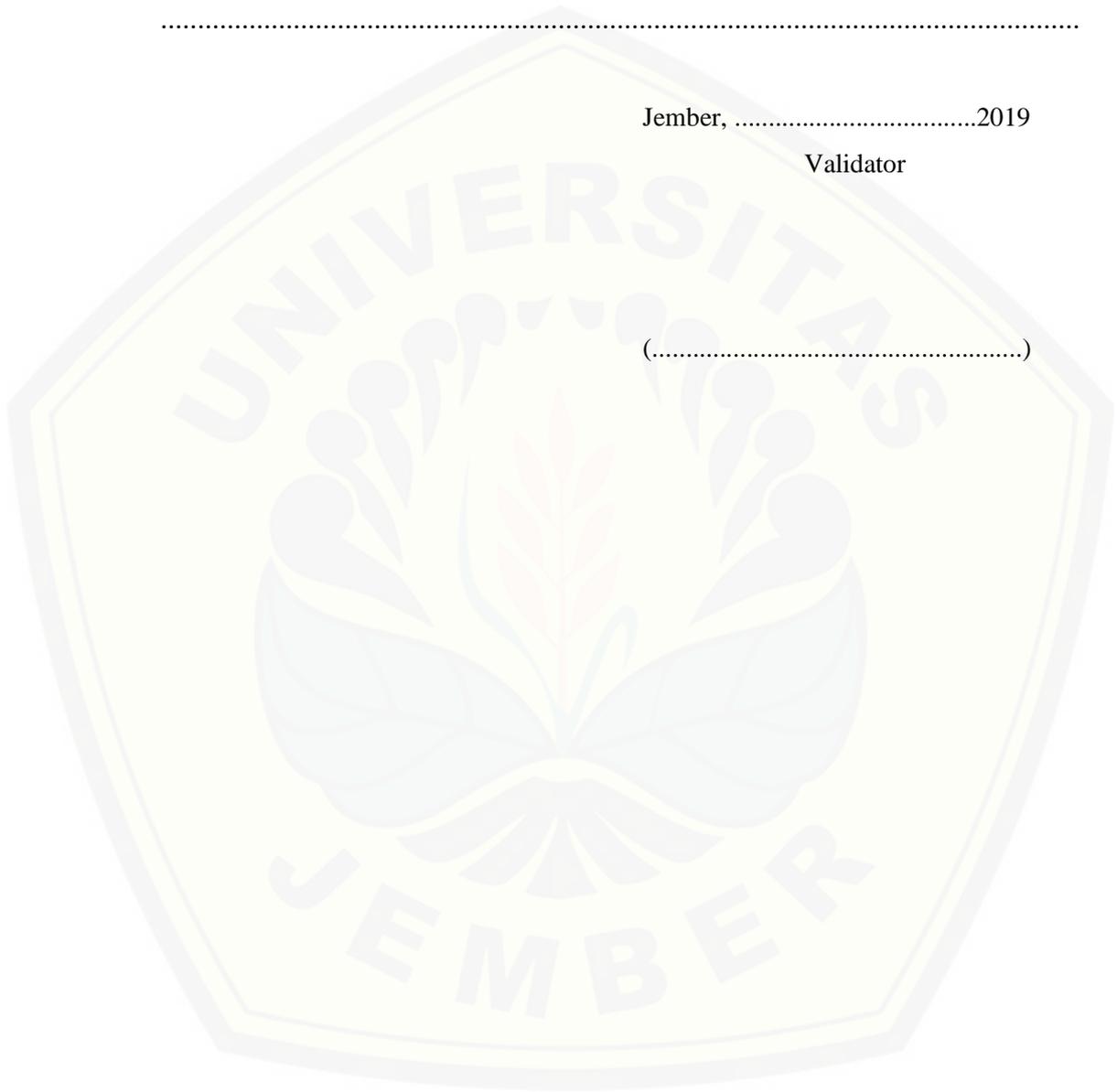
E. Komentor dan saran perbaikan

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

Jember,2019

Validator

(.....)



LAMPIRAN B.2

**LEMBAR VALIDASI
PRE-TES DAN POST-TES**

A. Pedoman Validasi

- a. Mohon agar Bapak/Ibu memberikan penilaian terhadap tes keterampilan kreatif-inovatif ditinjau dari beberapa aspek, penilaian umum dan saran-saran untuk merevisi tes keterampilan berpikir kreatif-inovatif yang disusun.
- b. Instrumen ini bertujuan sebagai tes untuk mengetahui kemampuan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa.

B. Petunjuk Pengisian Validasi

- a. Mohon Bapak/Ibu untuk memberikan skor dengan cara mencentang pada kolom yang telah disediakan sesuai kriteria.
- b. Jika Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi, maka dimohon Bapak/bu memberikan butir revisi pada bagian saran dan kritik pada lembar yang telah disediakan.

No	Aspek	Skor				
		1	2	3	4	5
1	Kesesuaian isi					
2	Kesesuaian dengan indikator berpikir kreatif dan inovatif					
3	Kejelasan petunjuk cara mengerjakan tes					
4	Kejelasan butir pertanyaan pada tes keterampilan berpikir kreatif dan inovatif					
5	Butir pertanyaan pada tes keterampilan berpikir kreatif dan inovatif menggunakan Bahasa Indonesia yang baik dan benar					
Jumlah						
Skor total						

Rata-rata skor (\bar{x})					
------------------------------	--	--	--	--	--

C. Penilaian

Skor tes kemampuan berpikir kreatif- inovatif:

$1 \leq \bar{x} \leq 2$: tidak valid (belum dapat digunakan)

$2 \leq \bar{x} \leq 3$: kurang valid (dapat digunakan dengan banyak revisi)

$3 \leq \bar{x} \leq 4$: valid (dapat digunakan dengan sedikit revisi)

$4 \leq \bar{x} \leq 5$: sangat valid (dapat digunakan tanpa revisi)

D. Komentar dan saran perbaikan

.....

.....

.....

.....

Jember,2019

Validator

(.....)

LAMPIRAN B.3

LEMBAR VALIDASI
LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)

A. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini digunakan untuk mengukur kevalidan LKM dalam pelaksanaan pembelajaran matematika yang implementasinya menggunakan pendekatan pembelajaran *research based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif-inovatif peserta didik.

B. Petunjuk

Mohon kesedian Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda centang (√) pada kolom penilaian yang sesuai pendapat Anda!

Keterangan skala penilaian:

1 : berarti “tidak baik”

2 : berarti “cukup baik”

3 : berarti “baik”

4 : berarti “Sangat baik”

C. Penilaian ditinjau dari beberap aspek

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Format					
1.	LKM Memiliki petunjuk pengerjaan yang jelas				
II. Isi LKM					
1.	LKM disajikan secara sistematis				
2.	Kebenaran konsep dan materi				
3.	Masalah yang diangkat sesuai kognisi peserta didik				
4.	Setiap kegiatan mempunyai tujuan yang jelas				
5.	Kegiatan yang disajikan menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif-inovatif peserta didik				
6.	Penyajian LKM Menarik				
III. Bahasa dan tulisan					
1.	Soal dirumuskan dengan bahasa yang sederhana				

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
	dan tidak menimbulkan makna ganda atau ambigu				
2.	Menggunakan istilah-istilah yang sudah dipahami				
3.	Dirumuskan dengan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang baku (EYD)				
4.	Bahasa yang digunakan komunikatif				

D. Penilaian umum

Kesimpulan penilaian secara umum**):

a. LKM Pembelajaran ini:

- 1 : berarti “tidak baik”
- 2 : berarti “cukup baik”
- 3 : berarti “baik”
- 4 : berarti “Sangat baik”

b. LKM Pembelajaran ini:

- 1: belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- 2: dapat digunakan dengan banyak revisi
- 3: dapat digunakan dengan sedikit revisi
- 4: dapat digunakan tanpa revisi

***) *Lingkarilah nomor atau angka sesuai dengan pilihan Anda*

E. Komentar dan saran perbaikan

.....

Jember,2019

Validator

(.....)

LAMPIRAN B.4**LEMBAR VALIDASI
PEDOMAN WAWANCARA****A. Tujuan**

Lembar validasi pedoman wawancara ini adalah mengukur kevalidan pedoman wawancara dalam mendapatkan informasi tentang keterampilan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *Rainbow Antimagic Coloring*.

B. Petunjuk

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda cek (√) pada kolom yang ada.
2. Arti point validitas adalah 1 (tidak baik), 2 (kurang baik), 3 (cukup baik) dan 4 (baik)

C. Penilaian

No	Aspek yang dinilai	Skala penelitian			
		1	2	3	4
1	Pertanyaan yang diajukan dapat menggali Indikator keterampilan berpikir kreatif dan inovatif				
2	Pertanyaan yang di ajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar				
3	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda				
4	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah di pahami				

Berdasarkan hal di atas, lembar validasi pedoman wawancara ini:

1. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
2. Dapat digunakan dengan banyak revisi
3. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
4. Dapat digunakan tanpa revisi

D. Komentor dan Saran Perbaikan

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



LAMPIRAN C.1

HASIL VALIDASI RENCANA PERKULIAHAN

A. Validator 1

LEMBAR VALIDASI SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : Matematika Diskrit
 Materi : *Rainbow Antimagic Coloring*
 Kelas/Semester :
 Nama Validator : *Ernieta Rizki A, S.Pd., M.Si.*

A. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini digunakan untuk mengukur kevalidan SAP dalam pelaksanaan pembelajaran matematika yang implementasinya menggunakan pendekatan pembelajaran *research based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif-inovatif peserta didik.

B. Petunjuk

Mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang sesuai pendapat Anda!

Keterangan skala penilaian:

- 1 : berarti "tidak baik"
- 2 : berarti "cukup baik"
- 3 : berarti "baik"
- 4 : berarti "Sangat baik"

C. Penilaian ditinjau dari beberap aspek

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Perumusan tujuan pembelajaran					
1.	Kejelasan kompetensi inti dan kompetensi dasar				✓
2.	Kesesuaian kompetensi inti dan kompetensi dasar dengan tujuan pembelajaran				✓
3.	Ketepatan penjabaran kompetensi dasar kedalam indikator				✓
4.	Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran				✓

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
5.	Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan peserta didik				✓
II. Isi SAP					
1.	Sistematika penyusunan SAP				✓
2.	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model <i>research based learning</i>				✓
3.	Kejelasan tahap-tahap kegiatan pembelajaran dari pendahuluan, inti dan penutup				✓
III. Bahasa dan tulisan					
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)				✓
2.	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif dan mudah dipahami				✓
IV. Waktu					
1.	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan				✓
2.	Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran				✓

D. Penilaian umum

Kesimpulan penilaian secara umum**):

a. Satuan Acara Perkuliahan ini:

- 1 : berarti "tidak baik"
- 2 : berarti "cukup baik"
- 3 : berarti "baik"
- 4 : berarti "Sangat baik"

b. Satuan Acara Perkuliahan ini:

- 1: belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- 2: dapat digunakan dengan banyak revisi
- 3: dapat digunakan dengan sedikit revisi
- 4: dapat digunakan tanpa revisi

**) *Lingkarilah nomor atau angka sesuai dengan pilihan Anda*

E. Komentor dan saran perbaikan

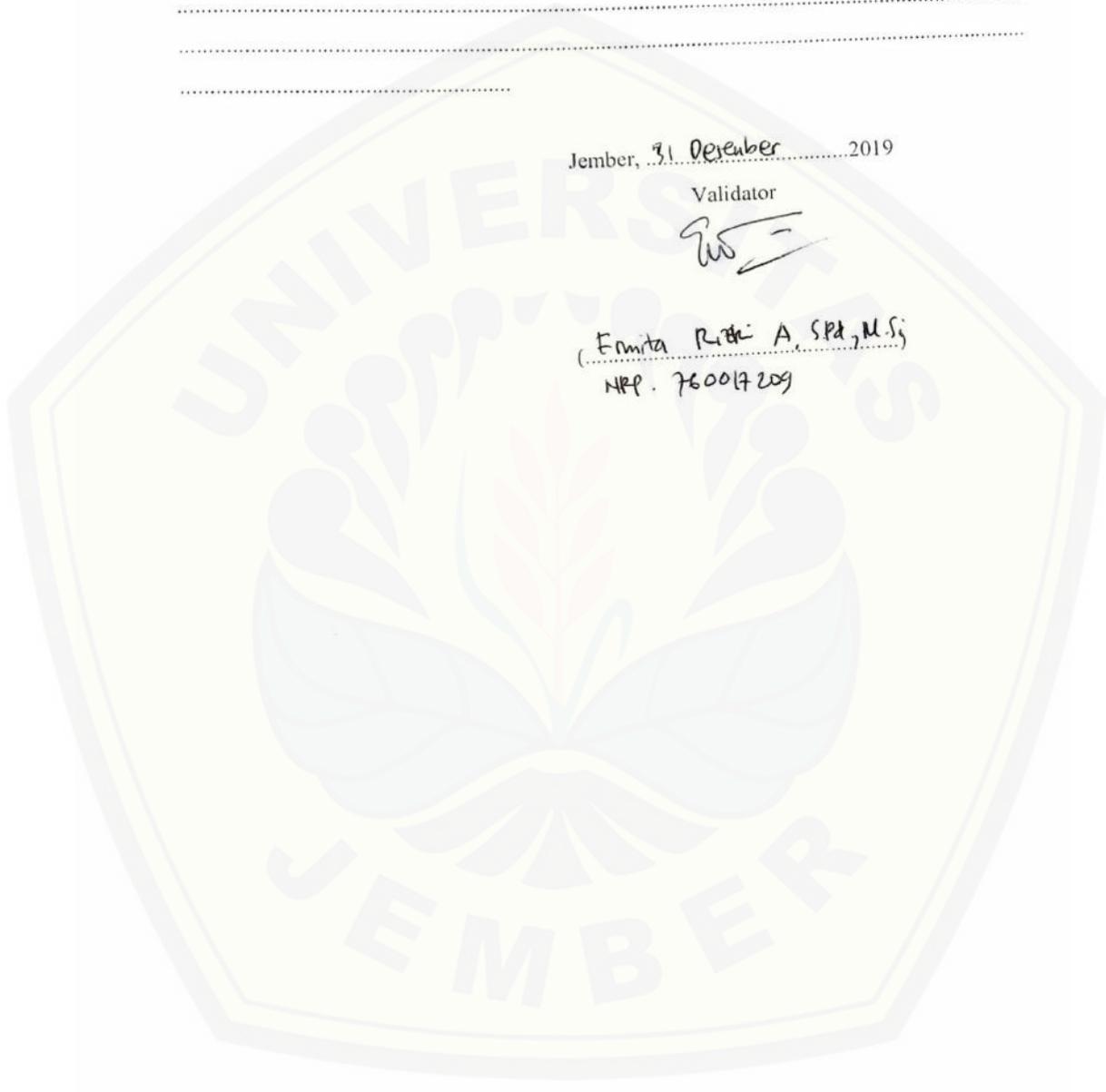
.....
.....
.....
.....

Jember, 31 Desember 2019

Validator



(Emrita Rendi A, S.Pd., M.S.)
NRP. 760017209



B. Validator 2

LEMBAR VALIDASI
SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : Matematika Diskrit
 Materi : *Rainbow Antimagic Coloring*
 Kelas/Semester :
 Nama Validator : Robiatul Adawiyah, S.Pd., M.Si.

A. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini digunakan untuk mengukur kevalidan SAP dalam pelaksanaan pembelajaran matematika yang implementasinya menggunakan pendekatan pembelajaran *research based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif-inovatif peserta didik.

B. Petunjuk

Mohon kesedian Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang sesuai pendapat Anda!

Keterangan skala penilaian:

- 1 : berarti "tidak baik"
- 2 : berarti "cukup baik"
- 3 : berarti "baik"
- 4 : berarti "Sangat baik"

C. Penilaian ditinjau dari beberap aspek

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Perumusan tujuan pembelajaran					
1.	Kejelasan kompetensi inti dan kompetensi dasar				✓
2.	Kesesuaian kompetensi inti dan kompetensi dasar dengan tujuan pembelajaran			✓	
3.	Ketepatan penjabaran kompetensi dasar kedalam indikator				✓
4.	Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran			✓	

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
5.	Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan peserta didik				✓
II. Isi SAP					
1.	Sistematika penyusunan SAP				✓
2.	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model <i>research based learning</i>			✓	
3.	Kejelasan tahap-tahap kegiatan pembelajaran dari pendahuluan, inti dan penutup			✓	
III. Bahasa dan tulisan					
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)				✓
2.	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif dan mudah dipahami			✓	
IV. Waktu					
1.	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan			✓	
2.	Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran				✓

D. Penilaian umum

Kesimpulan penilaian secara umum**):

a. Satuan Acara Perkuliahan ini:

- 1 : berarti "tidak baik"
- 2 : berarti "cukup baik"
- 3 : berarti "baik"
- 4 : berarti "Sangat baik"

b. Satuan Acara Perkuliahan ini:

- 1: belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- 2: dapat digunakan dengan banyak revisi
- 3: dapat digunakan dengan sedikit revisi
- 4: dapat digunakan tanpa revisi

***) *Lingkarilah nomor atau angka sesuai dengan pilihan Anda*

E. Komentar dan saran perbaikan

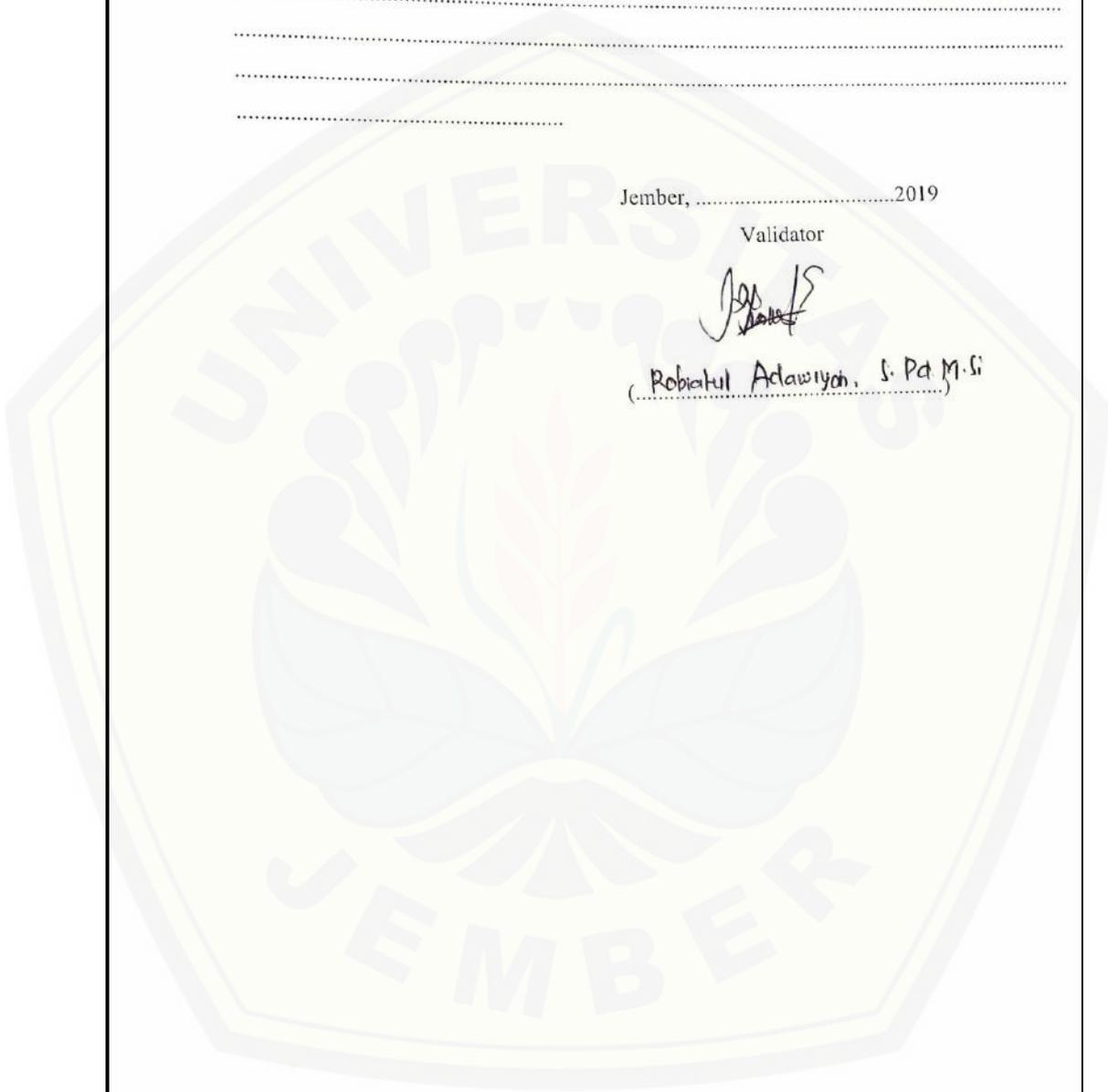
.....
.....
.....
.....

Jember, 2019

Validator



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



LAMPIRAN C.2

HASIL VALIDASI PRE TEST DAN POST TEST

A. Validator 1

LEMBAR VALIDASI PRE-TEST DAN POS-TEST

A. Pedoman Validasi

- a. Mohon agar Bapak/Ibu memberikan penilaian terhadap tes keterampilan kreatif-inovatif ditinjau dari beberapa aspek, penilaian umum dan saran-saran untuk merevisi tes keterampilan berpikir kreatif-inovatif yang disusun.
- b. Instrumen ini bertujuan sebagai tes untuk mengetahui kemampuan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa.

A. Petunjuk Pengisian Validasi

- a. Mohon Bapak/Ibu untuk memberikan skor dengan cara mencentang pada kolom yang telah disediakan sesuai kriteria.
- b. Jika Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi, maka dimohon Bapak/bu memberikan butir revisi pada bagian saran dan kritik pada lembar yang telah disediakan.

No	Aspek	Skor				
		1	2	3	4	5
1	Kesesuaian isi					✓
2	Kesesuaian dengan indikator berpikir kreatif-inovatif					✓
3	Kejelasan petunjuk cara mengerjakan tes					✓
4	Kejelasan butir pertanyaan pada tes keterampilan berpikir kreatif-inovatif					✓
5	Butir pertanyaan pada tes keterampilan berpikir kreatif-inovatif menggunakan Bahasa Indonesia yang baik dan benar					✓

Jumlah					
Skor total					
Rata-rata skor (\bar{x})					

B. Penilaian

Skor tes kemampuan berpikir kreatif- inovatif:

- $1 \leq \bar{x} \leq 2$: tidak valid (belum dapat digunakan)
- $2 \leq \bar{x} \leq 3$: kurang valid (dapat digunakan dengan banyak revisi)
- $3 \leq \bar{x} \leq 4$: valid (dapat digunakan dengan sedikit revisi)
- $4 \leq \bar{x} \leq 5$: sangat valid (dapat digunakan tanpa revisi)

C. Komentar dan saran perbaikan

.....

.....

.....

.....

Jember, 31 Desember 2019

Validator

(Ermita Rizki A., S.Pd., M.Si.)
NRP. 760017209

B. Validator 2

**LEMBAR VALIDASI
PRE-TEST DAN POST-TEST**

A. Pedoman Validasi

- a. Mohon agar Bapak/Ibu memberikan penilaian terhadap tes keterampilan kreatif-inovatif ditinjau dari beberapa aspek, penilaian umum dan saran-saran untuk merevisi tes keterampilan berpikir kreatif-inovatif yang disusun.
- b. Instrumen ini bertujuan sebagai tes untuk mengetahui kemampuan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa.

A. Petunjuk Pengisian Validasi

- a. Mohon Bapak/Ibu untuk memberikan skor dengan cara mencentang pada kolom yang telah disediakan sesuai kriteria.
- b. Jika Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi, maka dimohon Bapak/bu memberikan butir revisi pada bagian saran dan kritik pada lembar yang telah disediakan.

No	Aspek	Skor				
		1	2	3	4	5
1	Kesesuaian isi				✓	
2	Kesesuaian dengan indikator berpikir kreatif-inovatif			✓		
3	Kejelasan petunjuk cara mengerjakan tes					✓
4	Kejelasan butir pertanyaan pada tes keterampilan berpikir kreatif-inovatif			✓		
5	Butir pertanyaan pada tes keterampilan berpikir kreatif-inovatif menggunakan Bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓	

Jumlah						
Skor total						
Rata-rata skor (\bar{x})						

B. Penilaian

Skor tes kemampuan berpikir kreatif- inovatif:

$1 \leq \bar{x} \leq 2$: tidak valid (belum dapat digunakan)

$2 \leq \bar{x} \leq 3$: kurang valid (dapat digunakan dengan banyak revisi)

$3 \leq \bar{x} \leq 4$: valid (dapat digunakan dengan sedikit revisi)

$4 \leq \bar{x} \leq 5$: sangat valid (dapat digunakan tanpa revisi)

C. Komentar dan saran perbaikan

.....

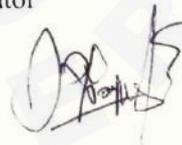
.....

.....

.....

Jember,2019

Validator



(Robatul Adawiyah, S.Pd, M.Gi
.....)

LAMPIRAN C.3

HASIL VALIDASI
LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)

A. Validator 1

LEMBAR VALIDASI
LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)

A. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini digunakan untuk mengukur kevalidan LKM dalam pelaksanaan pembelajaran matematika dan implementasinya menggunakan pendekatan pembelajaran *research based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif-inovatif peserta didik.

B. Petunjuk

Mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang sesuai pendapat Anda!

Keterangan skala penilaian:

- 1 : berarti "tidak baik"
- 2 : berarti "cukup baik"
- 3 : berarti "baik"
- 4 : berarti "Sangat baik"

C. Penilaian ditinjau dari beberap aspek

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Format					
1.	LKM Memiliki petunjuk pengerjaan yang jelas				✓
II. Isi LKM					
1.	LKM disajikan secara sistematis				✓
2.	Kebenaran konsep dan materi				✓
3.	Masalah yang diangkat sesuai kognisi peserta didik				✓
4.	Setiap kegiatan mempunyai tujuan yang jelas				✓
5.	Kegiatan yang disajikan menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif-inovatif peserta didik				✓
6.	Penyajian LKM Menarik				✓

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
III. Bahasa dan tulisan					
1.	Soal dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan makna ganda atau ambigu				✓
2.	Menggunakan istilah-istilah yang sudah dipahami				✓
3.	Dirumuskan dengan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang baku (EYD)				✓
4.	Bahasa yang digunakan komunikatif				✓

D. Penilaian umum

Kesimpulan penilaian secara umum**):

a. LKM Pembelajaran ini:

- 1 : berarti "tidak baik"
- 2 : berarti "cukup baik"
- 3 : berarti "baik"
- 4 : berarti "Sangat baik"

b. LKM Pembelajaran ini:

- 1: belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- 2: dapat digunakan dengan banyak revisi
- 3: dapat digunakan dengan sedikit revisi
- 4: dapat digunakan tanpa revisi

***) *Lingkarilah nomor atau angka sesuai dengan pilihan Anda*

E. Komentar dan saran perbaikan

.....

Jember, 31 Desember 2019

Validator

W =

(Ermita Rizki A, S.Pd., M.Si)

Nrp. 760017209

B. Validator 2

**LEMBAR VALIDASI
LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)**

A. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini digunakan untuk mengukur kevalidan LKM dalam pelaksanaan pembelajaran matematika dan implementasinya menggunakan pendekatan pembelajaran *research based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif-inovatif peserta didik.

B. Petunjuk

Mohon kesedian Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda centang (√) pada kolom penilaian yang sesuai pendapat Anda!

Keterangan skala penilaian:

- 1 : berarti "tidak baik"
- 2 : berarti "cukup baik"
- 3 : berarti "baik"
- 4 : berarti "Sangat baik"

C. Penilaian ditinjau dari beberap aspek

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Format					
1.	LKM Memiliki petunjuk pengerjaan yang jelas				✓
II. Isi LKM					
1.	LKM disajikan secara sistematis				✓
2.	Kebenaran konsep dan materi			✓	
3.	Masalah yang diangkat sesuai kognisi peserta didik				✓
4.	Setiap kegiatan mempunyai tujuan yang jelas				✓
5.	Kegiatan yang disajikan menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif-inovatif peserta didik			✓	
6.	Penyajian LKM Menarik				✓

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
III. Bahasa dan tulisan					
1.	Soal dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan makna ganda atau ambigu				✓
2.	Menggunakan istilah-istilah yang sudah dipahami			✓	
3.	Dirumuskan dengan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang baku (EYD)				✓
4.	Bahasa yang digunakan komunikatif			✓	

D. Penilaian umum

Kesimpulan penilaian secara umum**):

a. LKM Pembelajaran ini:

- 1 : berarti "tidak baik"
- 2 : berarti "cukup baik"
- 3 : berarti "baik"
- 4 : berarti "Sangat baik"

b. LKM Pembelajaran ini:

- 1: belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- 2: dapat digunakan dengan banyak revisi
- 3: dapat digunakan dengan sedikit revisi
- 4: dapat digunakan tanpa revisi

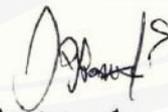
***) *Lingkarilah nomor atau angka sesuai dengan pilihan Anda*

E. Komentar dan saran perbaikan

.....

Jember,2019

Validator



(Bobintul Adawiyah, S.Pd, M.Si)

LAMPIRAN C.4

HASIL VALIDASI PEDOMAN WAWANCARA

A. Validator 1

LEMBAR VALIDASI PEDOMAN WAWANCARA

A. Tujuan

Lembar validasi pedoman wawancara ini adalah mengukur kevalidan pedoman wawancara dalam mendapatkan informasi tentang keterampilan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.

A. Petunjuk

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda cek (√) pada kolom yang ada.
2. Arti point validitas adalah 1 (tidak baik), 2 (kurang baik), 3 (cukup baik) dan 4 (baik)

B. Penilaian

No	Aspek yang dinilai	Skala penelitian			
		1	2	3	4
1	Pertanyaan yang diajukan dapat menggali Indikator keterampilan berpikir kreatif dan inovatif				✓
2	Pertanyaan yang di ajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar				✓
3	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda				✓
4	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah di pahami				✓

Berdasarkan hal di atas, lembar validasi pedoman wawancara ini:

1. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
2. Dapat digunakan dengan banyak revisi
3. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
4. Dapat digunakan tanpa revisi

C. Komentar dan Saran Perbaikan

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

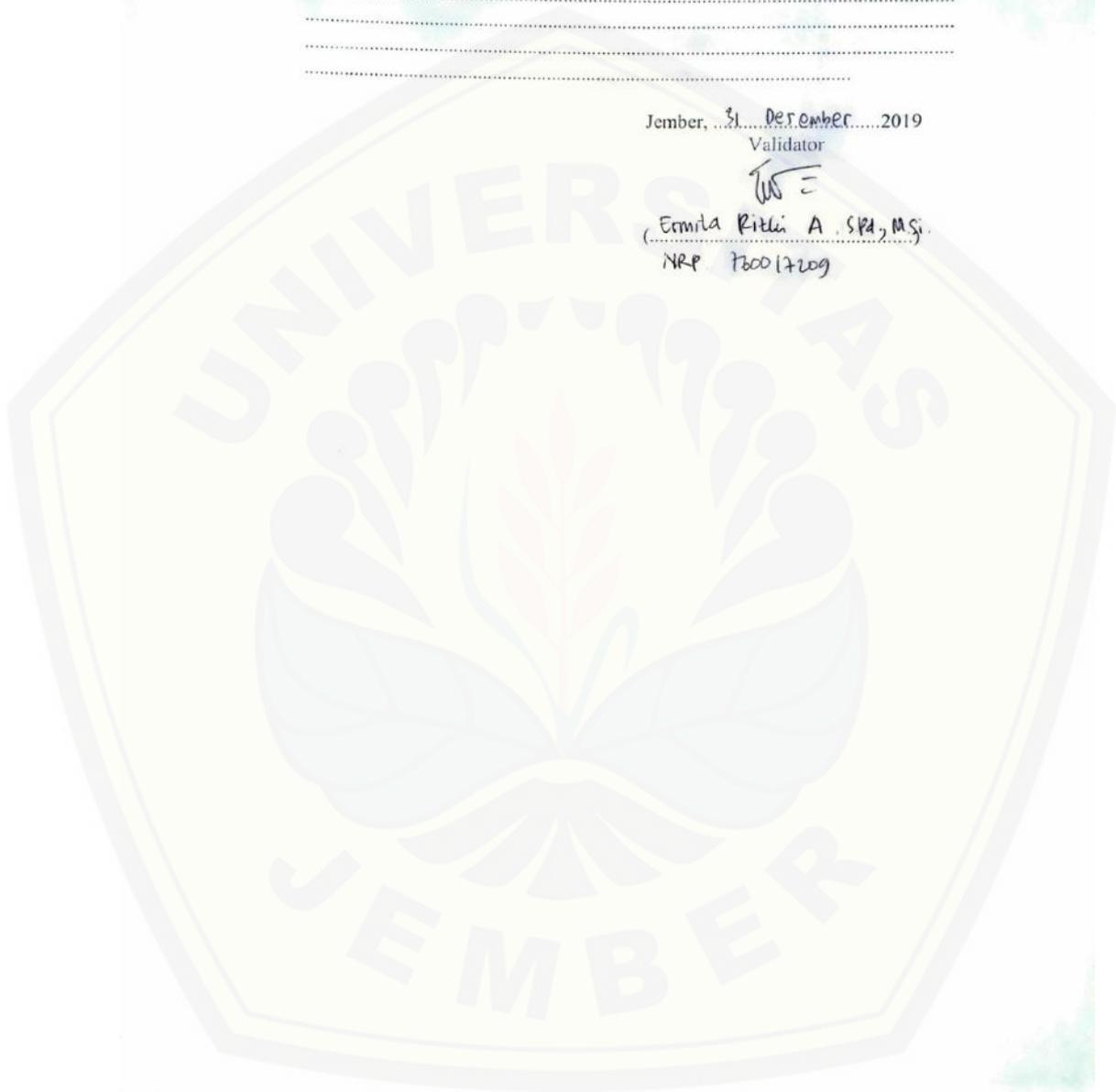
Jember, 31 Desember 2019

Validator



(Ermila Pitli A. S.Pd, M.Si.)

NRP 170017209



B. Validator 2

LEMBAR VALIDASI PEDOMAN WAWANCARA

A. Tujuan

Lembar validasi pedoman wawancara ini adalah mengukur kevalidan pedoman wawancara dalam mendapatkan informasi tentang keterampilan berpikir kreatif dan inovatif mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.

A. Petunjuk

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda cek (√) pada kolom yang ada.
2. Arti point validitas adalah 1 (tidak baik), 2 (kurang baik), 3 (cukup baik) dan 4 (baik)

B. Penilaian

No	Aspek yang dinilai	Skala penelitian			
		1	2	3	4
1	Pertanyaan yang diajukan dapat menggali Indikator keterampilan berpikir kreatif dan inovatif				✓
2	Pertanyaan yang di ajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar				✓
3	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda				✓
4	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah di pahami				✓

Berdasarkan hal di atas, lembar validasi pedoman wawancara ini:

1. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
2. Dapat digunakan dengan banyak revisi
3. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
4. Dapat digunakan tanpa revisi

E. Komentar dan saran perbaikan

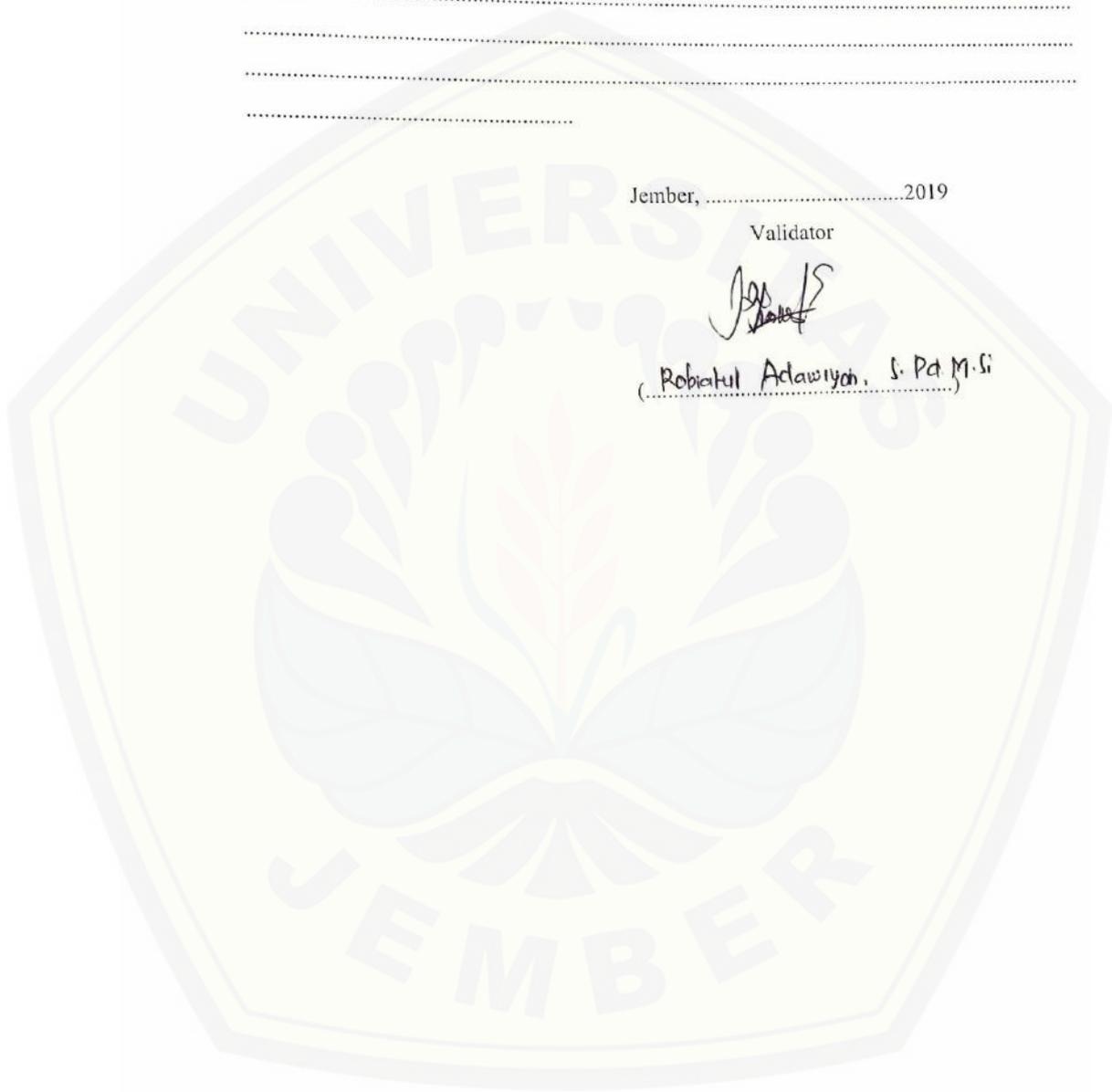
.....
.....
.....
.....

Jember, 2019

Validator



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



ICCGANT 2019

The 3rd International Conference
on Combinatorics, Graph Theory,
and Network Topology

University of Jember, 26th-27th October 2019



Jember, 12nd September 2019

Our Ref : 001/ICCGANT/IX/2019

Subjects : Letter of Acceptance

Dear Budi Sulistiyono,

Paper Id: ICCGANT 019-083,

Paper Title: Students Creative-Innovative Thinking Skill in Solving Rainbow Antimagic Coloring on Research Based Learning Model

Congratulations! Based on the recommendations of the reviewers and the Program Committee, we are pleased to inform you that your paper identified above has been accepted for **oral** presentation. You are cordially invited to present the paper orally at ICCGANT 2019 which will be held on October 26-27, 2019, in Jember, East Java Indonesia.

Please prepare your manuscript and send your full paper to us through the easychair system by November 4, 2019. Please notify the following important dates.

1.	Notification of Acceptance (2 nd Batch) Payment for Early Bird Payment for Standard	20 September 2019 13-20 September 2019 21-30 September 2019
2.	Conference Date	26-27 October 2019
3.	Paper Submission for Publication	4 November 2019
4.	Notification of Acceptance	20 November 2019
5.	Camera Ready for Publication	27 November 2019

Registration Fee

Category	Early bird registration (13-20 September 2019)	Standard registration (21-30 September 2019)
International Standard Presenter	US\$275	US\$300
International Student Presenter	US\$175	US\$200
Second paper for International presenter (max. 3 papers)	US\$ 85	US\$ 115
Indonesian Standard Presenter	Rp. 1,100,000	Rp. 1,350,000
Indonesian S2 Student/Teacher Presenter	Rp. 1,000,000	Rp. 1,250,000
Indonesian S1 Student Presenter	Rp. 900,000	Rp. 1,150,000
Second paper for Indonesian presenter (max. 3 papers)	Rp. 750,000	Rp. 950,000
Participant Only	Rp. 600,000	Rp. 700,000

Now you can pay the registration fee. It can be paid by bank transfer to:

Bank name: BNI SYARIAH JEMBER

Account name: Panitia ICCGANT 2018

Account number: [8882222089](tel:8882222089)

Address: BNI Syariah Cabang Jember, Indonesia

(For international transfer, the SWIFT Code is BNINIDJA)

*Note: Please send **your bank transfer receipt** via WA 085746045070. If your papers are selected for a publication in **Journal of Physics: Conference Series** indexed by Scopus, the publication fee will be charged when your paper has been accepted. The charge will be Rp. 1.750.000,-*

Finally, we would like to further extend our congratulations to you and we are looking forward to seeing you in our conference.

Chairperson for ICCGANT 2019

Signed by

Prof. D A F I K

Digital Repository Universitas Jember

ICCGANT 2019

The 3rd International Conference
on Combinatorics, Graph Theory,
and Network Topology

University of Jember, 26th-27th October 2019



Certificate

Digital Repository Universitas Jember

We acknowledge that
Budi Sulistiyono

Universitas Jember

Has participated as a **PAPER PRESENTER**

In The 3rd International Conference on Combinatorics,
Graph Theory, and Network Topology

entitled

**Students Creative-Innovative Thinking Skill
in Solving Rainbow Antimagic Coloring
on Research Based Learning Model**

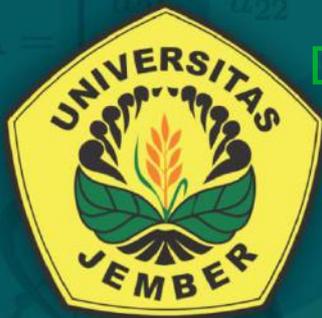
**University of Jember - Indonesia,
26th -27th October 2019**

**CGANT Research Group
Chairman**



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



**The International Conference on
Physics and Mathematics for Biological Science
FKIP- University of Jember****31 August - 1 September 2019****SCOPUS**

Jember, July 29, 2019

Dear Budi Sulistiyono, Slamun Slamun, Dafik Dafik, Ermita Rizki Albirri and Ridho Alfarsi

Paper Id: ICOPAMBS 2019-02, Title : On Rainbow Local Edge Antimagic Coloring of Related Ladder

Congratulations! Based on the recommendations of the reviewers and the Program Committee, we are pleased to inform you that your paper identified above has been accepted for **oral** presentation. You are cordially invited to present the paper orally at ICOPAMBS-2019 which will be held on 31 August – 01 September 2019, FKIP Jember, East Java Indonesia. Please prepare your manuscript and send your full paper to us through the easychair system (<https://easychair.org/conferences/?conf=icopambs2019>) by **11 – 24 August 2019**. Please notify the following important dates.

1.	Notification of Acceptance Payment for Early Bird Payment for Standard	1 – 10 August 2019 5 – 10 August 2019 11 – 24 August 2019
2.	Manuscript Submission for Conference	11 – 24 August 2019
3.	Conference Date	31 August – 1 September 2019
4.	Paper Submission for Publication	22 September 2019
5.	Notification of Acceptance	31 October 2019
6.	Camera Ready for Publication	30 November 2019

Registration Fee

Category	Early bird registration 5 – 10 August 2019	Standard registration 11 – 24 August 2019
International Standard Presenter	US\$ 200	US\$ 250
International Student Presenter	US\$ 150	US\$ 200
Second paper for International presenter (max. 3 papers)	US\$ 75	US\$ 100
Indonesian Standard Presenter	Rp. 1.100,000	Rp. 1.200,000
Indonesian S2 Student/Teacher Presenter	Rp. 900,000	Rp. 1.000,000
Indonesian S1 Student Presenter	Rp. 800,000	Rp. 900,000
Second paper for Indonesian presenter (max. 3 papers)	Rp. 600,000	Rp. 600,000
Participant Only	Rp. 600,000	Rp. 700,000

Now you are able to pay the registration fee. It can be paid by bank transfer to:

Bank name : BNI SYARIAH JEMBER
 Account name : PANITIA ICOPAMBS 2019
 Account number : 8882112882
 Address : BNI Syariah Cabang Jember, Jember, Indonesia

Note: Please send your bank transfer receipt to menu payment confirmation (in ICOPAMBS websiter) in icopambs.fkip.unej.ac.id. If your papers are selected for a publication in JOP (Journal of Physics) Conference Series indexed by Scopus, the publication fee will be charged when your paper has been accepted.

Finally, we would like to further extend our congratulations to you and we are looking forward to seeing you in our conference.

Chairperson for ICOPAMBS 2019

Ascc. Prof. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes

MONOGRAF

PEWARNAAN ANTI AJAIB PELANGI

Budi Sulistiyono

Slamin

Dafik



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga monograf tentang Pewarnaan anti ajaib pelangi dapat diselesaikan. Monograf ini berisi tentang hasil-hasil penelitian Pewarnaan anti ajaib pelangi baik yang sudah ditemukan oleh peneliti terdahulu maupun penemuan penulis sendiri.

Terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Sunardi, M.Pd, Dr. Hobri, S.Pd., M.Pd, dan Dr. Nanik Yuliati, M.Pd atas kesediannya dalam memberi kritik dan saran yang membangun penulis sehingga monograf ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam monograf ini, untuk itu kritik dan saran yang membangun terhadap penyempurnaan monograf ini sangat diharapkan oleh penulis. Semoga buku monograf ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Penulis

DAFTAR ISI

1. Graf	1
1.1 Terminologi Dasar Graf	1
1.2 Kardinalitas Graf	2
1.3 Pewarnaan Graf	2
2. Pewarnaan Anti Ajaib Pelangi	3
2.1 Pewarnaan pelangi	3
2.2 Penelitian Terdahulu tentang Pewarnaan Pelangi	4
2.3 Pelabelan Anti Ajaib	4
2.4 Pewarnaan Anti ajaib Pelangi	4
3. Hasil Penelitian	6
3.1 Prosedur Penelitian	6
3.2 Hasil Penelitian	7
3.3 Pembuktian Teorema	8
3.4 Open Problem	16
4. Kesimpulan	17
Daftar Pustaka	18

1

GRAF

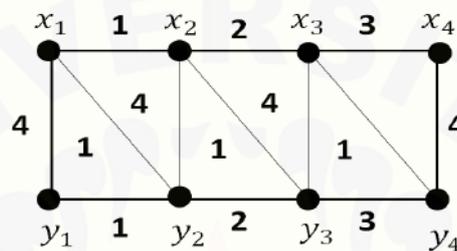
1.1 Terminologi Dasar Graf

Graf tidak berarah atau biasa disebut graf (*graph*) dan dinotasikan dengan G , didefinisikan sebagai sebuah pasangan himpunan (V, E) dimana V adalah himpunan berhingga tidak kosong dari titik (*vertex*), dan E adalah sebuah himpunan (boleh kosong) dari pasangan titik terurut titik u dan v atau uv yang merupakan anggota dari V yang disebut dengan sisi (*edge*). Himpunan V disebut himpunan titik dari G dan himpunan E disebut himpunan sisi dari G .

Banyaknya titik pada graf G disebut dengan ordo (*order*). Sedangkan banyaknya sisi pada graf G disebut dengan ukuran (*size*). Misalkan u dan v merupakan titik-titik dari graf G , u dikatakan bertetangga (*adjacent*) dengan v jika terdapat sebuah sisi e yang menghubungkan u dan v , yaitu $e = uv$.

Barisan berhingga bergantian antara titik dan sisi pada G yaitu $v_0, e_1, v_1, e_2, \dots, e_n, v_n$ sedemikian hingga $e_i = v_{i-1}v_i$ untuk setiap $i, 1 \leq i \leq n$ disebut dengan jalan (*walk*). Panjang jalan adalah banyaknya sisi pada jalan tersebut. Jalan $v_0 - v_n$ dikatakan tertutup jika $v_0 = v_n$ dan disebut sirkuit. Jika semua titik pada jalan $v_0 - v_n$ adalah berbeda, maka jalan tersebut dinamakan lintasan (*lintasan*). Lintasan yang tertutup disebut sikel (*cycle*). Panjang dari lintasan terpendek dari titik u ke titik v pada graf G disebut jarak (*distance*), dinotasikan dengan $d(u, v)$. Jarak terpanjang diantara sembarang dua titik pada graf G disebut diameter. Sebuah graf G disebut terhubung (*connected*) jika untuk sebarang dua titik yang berbeda u dan v dari G terdapat sebuah lintasan antara u dan v .

Sebagai contoh dari beberapa definisi di atas akan ditampilkan gambar graf tangga dengan $n = 4$. Graf tangga dengan $n = 4$, dinotasikan dengan L_4 merupakan graf terhubung. Titik x_1 bertetangga dengan titik x_2 dan y_1 karena terdapat sisi x_1x_2 dan sisi x_1y_1 . Jarak titik x_1 dan y_4 adalah 4 atau dinotasikan $d(x_1y_4) = 4$. Diameter titik x_1 dan y_4 adalah 4, atau dinotasikan $diam(x_1y_4) = 4$.



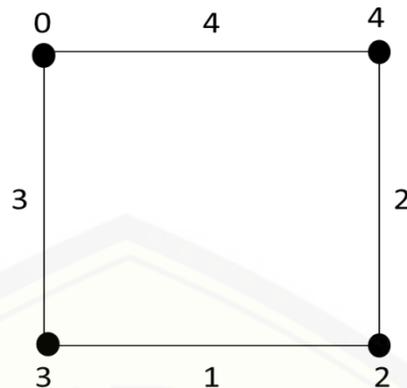
Gambar 1. Graf tangga dengan $n = 4$

1.2 Pelabelan Graf

Secara umum, pelabelan graf adalah pemberian label (biasanya bilangan bulat) pada elemen dari graf (titik atau sisi). Jika pelabelan diberikan pada setiap titik, maka pelabelannya disebut pelabelan titik. Sedangkan jika pelabelan yang diberikan pada setiap sisi maka pelabelannya disebut pelabelan sisi. Apabila pelabelan diberikan pada setiap titik dan sisi, maka pelabelannya disebut pelabelan total.

1.2.1 Pelabelan Anggun

Pelabelan graf dikenalkan pertama kali oleh Rosa pada tahun 1967. Rosa mendefinisikan fungsi f sebagai sebuah valuasi- β dari graf G dengan m titik jika f merupakan sebuah injeksi dari titik-titik G ke himpunan $\{0, 1, \dots, m\}$ sedemikian hingga jika setiap sisi uv dilabeli dengan $|f(u) - f(v)|$, maka hasil pada setiap sisi adalah berbeda. selanjutnya Golomb menyebut pelabelan ini sebagai pelabelan anggun (*graceful*) dan istilah ini yang umum digunakan sampai sekarang.



Gambar 1.1. pelabelan anggun pada graf sikel

1.2.2 Pelabelan Harmonis

Pelabelan harmonis (*harmonious*) muncul secara alami pada kajian tentang masalah penjumlahan modulo. Graham dan Sloane mendefinisikan sebuah graf G dengan m sisi adalah harmonis jika terdapat injeksi f dari titik-titik pada G ke himpunan bilangan modulo m sedemikian sehingga ketika setiap sisi uv dilabeli dengan $f(u) + f(v) \pmod{m}$, maka hasil pada setiap sisi adalah berbeda.

Jenis pelabelan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelabelan anti-ajaib (pelabelan anti ajaib). Pelabelan anti-ajaib adalah pelabelan sisi dengan menggunakan bilangan bulat berurutan dari 1 sedemikian hingga jumlah label sisi yang berujung pada titik adalah tidak sama untuk setiap titik pada graf tersebut atau dengan kata lain tidak ada dua titik yang memiliki bobot yang sama.

1.3 Pewarnaan Graf

Diberikan sebuah graf G , pewarnaan sisi (edge coloring) pada graf G adalah pemberian warna kepada sisi dari G sedemikian sehingga tidak ada dua sisi yang bertetangga menerima warna yang sama. Secara mudah sisi-sisi pada graf G dapat diberi warna yang berbeda sejumlah sisi pada G . Namun pemberian warna dengan cara yang demikian tidak memberi solusi pada masalah optimasi sehingga yang diinginkan adalah banyaknya warna minimal yang dibutuhkan pada pewarnaan tersebut. Bilangan kromatik sisi (edge chromatic number) dari G dan dinotasikan dengan $\chi'(G)$ adalah banyaknya

warna minimal yang dibutuhkan untuk mewarnai sisi-sisi pada graf G . Berikut akan diberikan contoh pada gambar 2 tentang pewarnaan sisi pada graf lintasan.



Gambar 1.2 Gambar graf lintasan dengan sisi yang diwarnai

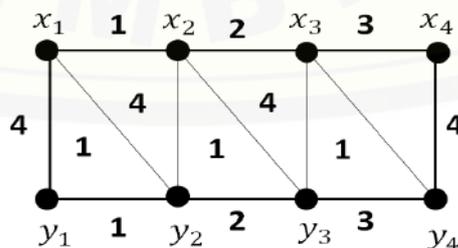


2

PEWARNAAN ANTI AJAIB PELANGI

2.1 Pewarnaan pelangi

Misalkan G adalah graf terhubung tak-trivial dan didefinisikan pewarnaan sisi $c: E(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$, $k \in \mathbb{N}$, sedemikian sehingga dua sisi yang bertetangga boleh memiliki warna yang sama. Suatu $u - v$ lintasan P di G dikatakan lintasan pelangi jika tidak ada dua sisi di P yang memiliki warna sama. Graf G dikatakan terhubung pelangi jika setiap dua titik yang berbeda di G dihubungkan oleh lintasan pelangi. Pewarnaan sisi yang menyebabkan G bersifat terhubung pelangi dikatakan pewarnaan pelangi. Jelas, jika G adalah terhubung pelangi, maka G terhubung. Sebaliknya, setiap graf terhubung memiliki pewarnaan sisi trivial sehingga terhubung pelangi memiliki pewarnaan sisi dengan warna berbeda. Rainbow connection number dari graf terhubung G , ditulis $rc(G)$, didefinisikan sebagai banyaknya warna minimal yang diperlukan untuk membuat graf G bersifat terhubung pelangi (Chartrand, 2006).



Gambar 2.1 Gambar graf triangular ladder

Untuk mengilustrasikan teori di atas diberikan sebuah contoh graf triangular ladder dengan $n = 4$. Dalam gambar di atas terlihat pewarnaan sisi yang dilakukan berdasarkan pewarnaan pelangi. Dalam pewarnaan tersebut menghasilkan 4 buah warna yang berbeda.

2.2 Penelitian Terdahulu tentang Pewarnaan Pelangi

Sejak pewarnaan pelangi dalam graf diperkenalkan oleh Chartrand (2006), rainbow connection number dari beberapa graf sudah ditemukan oleh peneliti terdahulu seperti yang disajikan dalam tabel berikut:

Graf	Hasil	Refrensi
Shadow graph of path graph	$rc(D_2(P_n)) = n$	[2]
Graf Prisma	$rc(P_{n,m}) = \begin{cases} m & , \text{ untuk } n = 3 \\ \lfloor \frac{n}{2} \rfloor + (m - 1) & , \text{ untuk } n \geq 4 \end{cases}$	[5]
Graf Anti Prisma	$rc(AP_n) = \begin{cases} 2 & , \text{ untuk } n = 3 \\ \lfloor \frac{n}{2} \rfloor & , \text{ untuk } n \geq 4 \end{cases}$	[5]
Graf Join	$rc(\overline{K_3}C_n) = \begin{cases} 2 & , \text{ untuk } n = 3 \\ 3 & , \text{ untuk } n \geq 4 \end{cases}$	[5]

2.3 Pelabelan anti ajaib

Misalkan $G(V, E)$ adalah graf terhubung dan u, v adalah dua titik pada graf G . Didefinisikan sebuah fungsi $f: V(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, |V|\}$, untuk setiap $e = uv \in E(G)$, bobot sisi $w(e) = f(u) + f(v)$. Jika $w(e_1) \neq w(e_2)$ untuk setiap dua sisi e_1 dan e_2 , maka f adalah antimagic labeling dari G . (Liang, 2014).

2.4 Pewarnaan Anti Ajaib Pelangi

Pewarnaan anti ajaib pelangi termasuk materi baru dalam teori graf. Materi pewarnaan anti ajaib pelangi merupakan kombinasi materi pewarnaan pelangi dan pelabelan anti ajaib.

Misalkan G adalah graf terhubung tak-trivial dan didefinisikan pewarnaan sisi $c: e(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$, $k \in \mathbb{N}$, sedemikian sehingga dua sisi yang bertetangga boleh memiliki warna yang sama. Suatu $u - v$ lintasan P di G dikatakan lintasan pelangi jika tidak ada dua sisi di P yang memiliki warna sama. Graf G dikatakan terhubung pelangi jika setiap dua titik yang berbeda di G dihubungkan oleh lintasan pelangi. Pewarnaan sisi yang menyebabkan G bersifat terhubung pelangi dikatakan pewarnaan pelangi. Jelas, jika G adalah terhubung pelangi, maka G terhubung. Sebaliknya, setiap graf terhubung memiliki pewarnaan sisi trivial sehingga terhubung pelangi memiliki pewarnaan sisi dengan warna berbeda. Rainbow connection number dari graf terhubung G , ditulis $rc(G)$, didefinisikan sebagai banyaknya warna minimal yang diperlukan untuk membuat graf G bersifat terhubung pelangi. Selanjutnya jika suatu graf G non trivial dan terhubung dengan ukuran m , maka $diam(G) \leq rc(G) \leq src(G) \leq m$.

Didefinisikan sebuah fungsi $g: E(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, |E|\}$ dalam graf G sedemikian sehingga bobot sisi (penjumlahan label pada dua titik yang bertetangga) untuk setiap titik yang bertetangga disebut antimagic. Bobot sisi pada setiap dua titik yang bertetangga dijadikan warna sisi graf tersebut. Saat bobot sisi $w(e) = g(u) + g(v)$ menjadi warna sisi dan selalu ada minimum satu lintasan pelangi diantara dua titik pada setiap graf G , pewarnaan tersebut disebut pewarnaan anti ajaib pelangi. Rainbow antimagic connection number, biasa ditulis $rc_A(G)$ adalah banyaknya warna yang digunakan.

3

HASIL PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Berikut akan dituliskan prosedur mendapatkan hasil-hasil penelitian:

1. Menentukan graf yang akan digunakan untuk penelitian.
2. Menentukan kardinalitas graf.
3. Memberi label pada setiap titik pada graf.
4. Memberi bobot sisi pada setiap sisi pada graf dengan cara menjumlahkan warna dari dua titik yang bertetangga
5. Mencari fungsi untuk setiap titik dan sisi.

Berdasarkan uraian di atas akan digambarkan alur prosedur penelitian sebagai berikut:



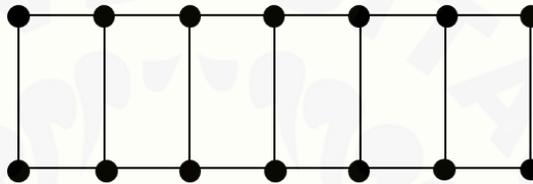
Gambar 3.1 Alur prosedur penelitian

3.2 Hasil Penelitian

Langkah-langkat penelitian di atas akan dijelaskan dengan sebuah contoh agar mudah dipahami.

1. Menentukan graf yang akan digunakan.

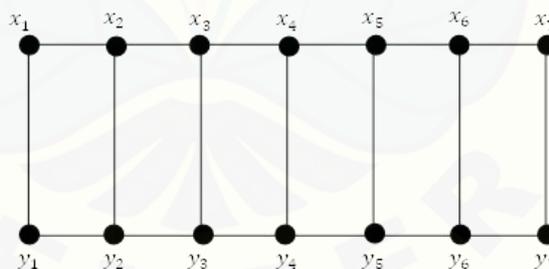
Sebelum melakukan penelitian, peneliti wajib menentukan graf yang akan diteliti. Syarat graf yang dapat diwarnai dengan pewarnaan anti ajaib pelangi adalah graf yang terhubung dan tidak trivial artinya tidak hanya terdiri dari satu titik saja. Pada contoh berikut digunakan graf tangga.



Gambar 3.2 Gambar graf tangga

2. Menentukan kardinalitas graf

Setelah menentukan graf yang akan diteliti, selanjutnya akan dicari kardinalitas dari graf tersebut. Sebelum dicari krdinalitasnya, graf tangga di atas diberi notasi pada setiap titiknya.



Gambar 3.3 Gambar graf tangga yang diberi notasi

Setelah diberi notasi di setiap titiknya, graf tangga tersebut akan dicari kardinalitasnya.

$$V = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\}$$

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

$$E = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\} \cup \{y_i y_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\}$$

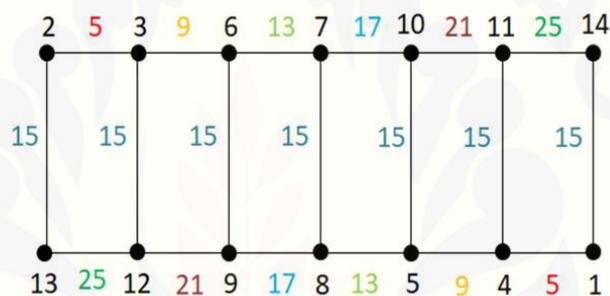
$$|E| = n - 1 + n - 1 + n = 3n - 2$$

3. Memberi label pada setiap titik pada graf

Langkah selanjutnya adalah memberi label pada setiap titik dalam graf tersebut. Setiap titik pada graf yang dipilih tadi diberi label berupa bilangan asli sebanyak titik pada graf. Langkah ke-3 ini digambarkan dalam Gambar 5 di bawah.

4. Memberi bobot pada setiap sisi

Setelah menentukan label pada setiap titik pada graf tersebut, langkah selanjutnya adalah menentukan bobot sisi. Bobot sisi adalah jumlah dua label pada dua titik yang bertetangga.



Gambar 3.4 Graf tangga yang sudah diberi label titik dan bobot sisi

Bobot sisi itulah yang akan menjadi warna sisi pada graf tangga. Jika setiap dua titik terdapat minimal satu lintasan pelangi, berarti pewarnaan tersebut adalah pewarnaan anti ajaib pelangi.

5. Mencari warna minimum yang dibutuhkan

Setelah memperoleh bobot sisi sebagai warna sisi pada graf, akan diperiksa apakah pewarnaan tersebut termasuk pewarnaan anti ajaib pelangi. Jika benar maka kita dapat menghitung banyaknya warna yang berbeda yang dibutuhkan untuk mewarnai setiap sisi pada graf tersebut. Dalam contoh graf tangga dengan $n = 7$, warna minimum yang dibutuhkan adalah 7 atau dengan kata lain $rc_A(L_7) = 7$.

3.3 Pembuktian Teorema

Dalam monograf ini akan dituliskan semua teorema yang telah ditemukan peneliti baik teorema mengenai rainbow connection number maupun rainbow antimagic connection number. Rainbow connection number dijadikan acuan untuk mencari rainbow antimagic connection number dari suatu graf G . Selain temuan rainbow antimagic connection number yang telah dipaparkan di atas, masih ada temuan rainbow antimagic connection number pada graf hasil penelitian penulis dan telah dituliskan dalam sebuah teorema sebagai berikut:

Lemma 1. Jika G adalah graf terhubung, maka

$$rc_A(G) \geq \max\{\Delta(G), rc(G)\}$$

Bukti. Derajat dari suatu graf G yang dinotasikan dengan $\Delta(G)$ adalah banyaknya sisi yang terhubung dengan suatu titik pada graf G . Rainbow connection number ($rc(G)$) dari suatu graf G adalah banyaknya warna yang dibutuhkan untuk mewarnai sebuah graf G dengan konsep pewarnaan pelangi. Dengan menggunakan konsep label anti ajaib didapatkan $rc_A(G) \geq \Delta(G)$. Berdasarkan konsep pewarnaan pelangi didapatkan $rc_A(G) \geq rc(G)$. Dari kedua hal tersebut didapatkan $rc_A(G) \geq \max\{\Delta(G), rc(G)\}$. ■

Lemma 2. Jika G adalah graf terhubung, maka $a, b \in V(G)$ dan $ab \in E(G)$, maka $N[a] = N[b]$

Bukti. Misalkan u adalah suatu titik di G sedemikian sehingga $\deg(u) = \Delta(G)$. Sisi-sisi yang terkait pada titik u akan menghasilkan banyaknya bobot sisi yang berbeda karena titik-titik yang terkait pada titik u mempunyai label yang berbeda. Titik a dan titik b merupakan titik-titik yang mempunyai derajat terbesar di G . Labeli titik a dan titik b dengan label terkecil, selanjutnya titik berikutnya sampai dengan titik yang terakhir akan menghasilkan bobot sisi yang berbeda sebanyak $\Delta(G)$ karena label pada setiap titik berbeda. Selanjutnya sisi ab juga menghasilkan bobot sisi yang berbeda dari $\Delta(G)$ karena label pada setiap titik berbeda, jadi $rc_A(G) = \Delta(G) + 1$. ■

Teorema 3. Jika L_n adalah graf tangga dengan $n \geq 4$, maka rainbow connection number dari L_n adalah n .

Bukti. Bukti teorema beserta cara mendapatkannya dipaparkan pada penjelasan di bawah ini.

1. Menentukan graf

Graf yang akan diteliti adalah graf tangga dengan $n \geq 4$.

2. Menentukan kardinalitas graf

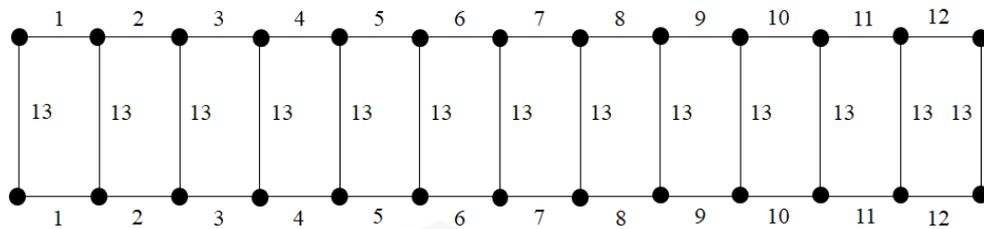
Graf tangga adalah graf terhubung dengan himpunan titik $V(L_n) = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan himpunan sisi $E(L_n) = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n-1\} \cup \{y_i y_{i+1}, 1 \leq i \leq n-1\}$. Kardinalitas titik $|V(L_n)| = n$ dan sisi $|E(L_n)| = 3n - 2$.

3. Menentukan rainbow connection number

Untuk membuktikan rainbow connection number dari L_n , kami harus membuktikan batas atas $rc(L_n) \leq n$ dan batas bawah $rc(L_n) \geq n$. Untuk membuktikan batas atas, kami mendefinisikan sebuah fungsi $c: E \rightarrow \{1, 2, \dots, |E|\}$ sebagai fungsi pewarnaan sisi, sebagai berikut:

$$c(e) = \begin{cases} c(x_i x_{i+1}) = i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n-1 \\ c(y_i y_{i+1}) = i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n-1 \\ c(x_i y_i) = n & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n, \end{cases}$$

Fungsi di atas mencapai nilai maksimal pada saat $e = x_i y_i$, sehingga banyaknya macam warna yang dihasilkan adalah n warna. Jadi $rc(L_n) \leq n$. Selanjutnya akan dibuktikan $rc(L_n) \geq n$. Misalnya diambil dua titik terjauh dari graf L_n yaitu titik x_1 dan y_n . Kedua titik tersebut adalah titik terjauh karena memiliki jarak sepanjang n atau $d(x_1 y_n) = n$. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa $diam(L_n) = n$, sehingga didapatkan $rc(L_n) \geq diam(L_n) \equiv rc(L_n) \geq n$. ■



Gambar 3.5 Graf tangga dengan 13 rainbow antimagic connection number

Teorema 4. Misalkan L_n adalah graf tangga dengan $n \geq 4$ dan $n \in$ bilangan ganjil, maka rainbow antimagic connection number dari L_n adalah n

Bukti. Bukti teorema beserta cara mendapatkannya dipaparkan pada penjelasan di bawah ini.

1. Menentukan graf

Akan ditunjukkan gambar graf tangga dengan $n = 7$

2. Menentukan kardinalitas

Graf tangga adalah graf terhubung dengan himpunan titik $V(L_n) = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan himpunan sisi $E(L_n) = \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n-1\} \cup \{y_i y_{i+1}, 1 \leq i \leq n-1\}$. Kardinalitas titik $|V(L_n)| = n$ dan sisi $|E(L_n)| = 3n - 2$.

3. Menentukan rainbow antimagic connection number

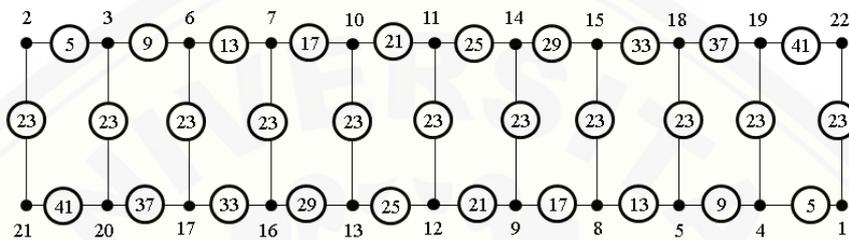
Untuk membuktikan rainbow antimagic connection number dari L_n , kami harus membuktikan batas atas $rc_A(L_n) \leq n$ dan batas bawah $rc_A(L_n) \geq n$. Untuk membuktikan batas atas, kami mendefinisikan sebuah fungsi $f: V(L_n) \rightarrow \{1, 2, \dots, |V|\}$ sebagai fungsi titik sebagai berikut:

$$f(v) = \begin{cases} f(x_i) = 2i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \text{ dan } i \text{ ganjil} \\ f(x_i) = 2i - 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \text{ dan } i \text{ genap} \\ f(y_i) = 2n - 2i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \text{ dan } i \text{ ganjil} \\ f(y_i) = 2n - 2i + 2 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \text{ dan } i \text{ genap} \end{cases}$$

Dengan fungsi titik seperti di atas, dapat diperoleh bobot sisi seperti berikut:

$$w(e) = \begin{cases} w(x_i x_{i+1}) = 4i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n - 1 \\ w(y_i y_{i+1}) = 4n - 4i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n - 1 \\ w(x_i y_i) = 2n + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n - 1, \end{cases}$$

Fungsi titik f dan fungsi bobot sisi w menghasilkan n warna. Jadi $rc_A(L_n) \leq n$. Selanjutnya akan dibuktikan untuk n bilangan ganjil, $rc_A(L_n) \geq n$. Berdasarkan gambar graf tangga di bawah ini kita tahu bahwa $\Delta(L_n) = 3$ dan berdasarkan Teorema 3 kita tahu $rc(L_n) = n$. Berdasarkan Lemma 1 didapatkan bahwa $rc_A(G) \geq \max\{3, n\}$, sehingga $rc_A(G) \geq n$. ■



Gambar 3.6 Graf tangga dengan $rc_A(L_7) = 7$

Teorema 5. Misalkan D_n adalah graf berlian dengan $n \geq 4$, maka rainbow antimagic connection number dari D_n adalah $n + 2$.

Bukti. Bukti teorema beserta cara mendapatkannya dipaparkan pada penjelasan di bawah ini.

1. Menentukan graf yang akan diteliti

Akan ditunjukkan graf tangga triangular dengan $n = 12$.

2. Menentukan kardinalitas

Graf berlian adalah graf terhubung dengan himpunan titik $V(D_n) = \{a\} \cup \{b\} \cup \{x_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan himpunan sisi $E(D_n) = \{ab\} \cup \{ax_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{bx_i, 1 \leq i \leq n\}$. Kardinalitasnya adalah $|V(D_n)| = n + 2$ dan $|E(D_n)| = 2n + 1$.

3. Menentukan rainbow antimagic connection number

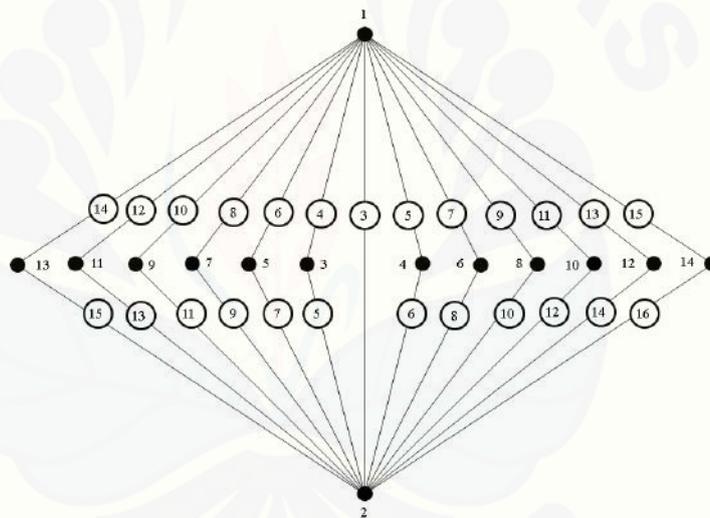
Untuk membuktikan rainbow antimagic connection number dari D_n , kami harus membuktikan batas atas $rc_A(D_n) \leq n + 2$ dan batas bawah $rc_A(D_n) \geq n + 2$. Untuk membuktikan batas atas, kami mendefinisikan sebuah fungsi $f(V) \rightarrow \{1, 2, \dots, |V|\}$ sebagai fungsi titik

$$g(v) = \begin{cases} g(a) = 1 \\ g(b) = 2 \\ g(x_i) = i + 2 \end{cases}, \text{ untuk } 1 \leq i \leq n$$

Dengan fungsi titik seperti di atas didapatkan bobot sisi sebagai berikut

$$w(e) = \begin{cases} w(ax_i) = i + 3 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ w(bx_i) = i + 4 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ w(ab) = 3 \end{cases}$$

Fungsi tersebut menjadi pembuktian untuk batas atas yakni $rc_A(D_n) \leq n + 2$, karena fungsi tersebut menghasilkan $n + 2$ warna sisi. Selanjutnya akan dibuktikan untuk batas bawah kita tahu bahwa $\Delta(D_n) = n + 1$, berdasarkan Lemma 2 didapatkan bahwa $rc_A(G) \geq \Delta(G) + 1$, sehingga $rc_A(G) \geq n + 1 + 1 \equiv n + 2$. Jadi $rc_A(G) \geq n + 2$. ■



Gambar 3.7 Graf berlian dengan 14 rainbow antimagic connection number

Teorema 6. Jika $S_{n,n}$ adalah graf bintang ganda dengan $n \geq 4$, maka rainbow connection number dari $S_{n,n}$ adalah $2n + 1$.

Bukti. Bukti teorema beserta cara mendapatkannya dipaparkan pada penjelasan di bawah ini.

1. Menentukan graf

Graf yang akan diteliti adalah graf bintang ganda dengan $n \geq 4$.

2. Menentukan kardinalitas graf

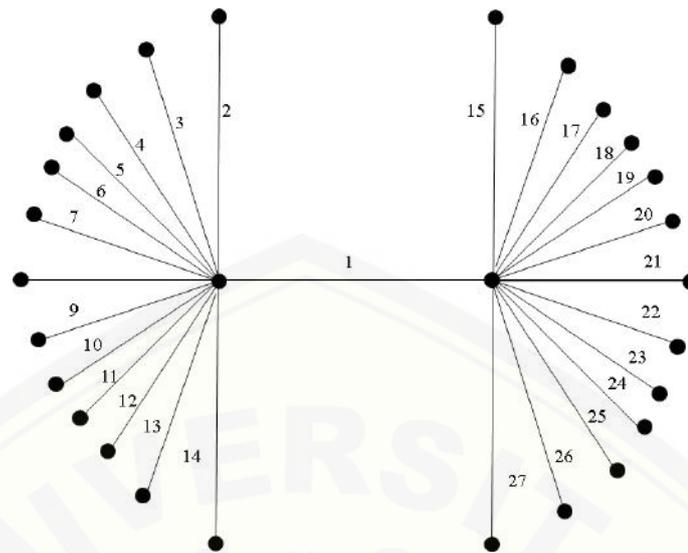
Graf bintang ganda adalah graf terhubung dengan himpunan titik $V(S_{n,n}) = \{a\} \cup \{b\} \cup \{x_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{y_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan himpunan sisi $E(S_{n,n}) = \{ab\} \cup \{ax_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{by_i, 1 \leq i \leq n\}$. Kardinalitas titik $|V(S_{n,n})| = 2n + 2$ dan sisi $|E(S_{n,n})| = 2n + 1$.

3. Menentukan rainbow connection number

Untuk membuktikan rainbow connection number dari $S_{n,n}$, kami harus membuktikan batas atas $rc(S_{n,n}) \leq n$ dan batas bawah $rc(S_{n,n}) \geq n$. Untuk membuktikan batas atas, kami mendefinisikan sebuah fungsi $c: E \rightarrow \{1, 2, \dots, |E|\}$ sebagai fungsi pewarnaan sisi, sebagai berikut:

$$c(e) = \begin{cases} c(ab) = 1 \\ c(ax_i) = i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n, \\ c(by_i) = n + i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

Fungsi di atas mencapai nilai maksimal pada saat $e = by_i$, sehingga banyaknya macam warna yang dihasilkan adalah $n + n + 1 = 2n + 1$ warna. Jadi $rc(S_{n,n}) \leq 2n + 1$. Selanjutnya akan dibuktikan $rc(S_{n,n}) \geq 2n + 1$. Kami menggunakan kontadiksi untuk membuktikan batas bawah $rc(S_{n,n}) \geq 2n + 1$. Asumsikan bahwa $rc(S_{n,n}) \leq 2n$, misalnya diambil $rc(S_{n,n}) = 2n$. Graf bintang ganda memiliki himpunan sisi $E = \{ab\} \cup \{ax_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{by_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan $|E| = 2n + 1$. Jika kami memberi warna $2n$ pada sisi graf bintang ganda yang banyak sisinya $2n + 1$, maka akan ada $e_1 e_2 \in E$ sedemikian sehingga $c(e_1) = c(e_2)$, tanpa mengurangi perumuman kami dapat memilih $e_1 = ax_1$ dan $e_2 = ab$. Karena $S_{n,n}$ adalah graf terhubung dengan $rc(S_{n,n}) = 2n$, maka lintasan $ax_1 - ab$ bukan merupakan lintasan pelangi karena $c(ax_1) = c(ab)$. Hal tersebut merupakan kontradiksi dari asumsi awal, maka $rc(S_{n,n}) \geq 2n + 1$. ■



Gambar 3.8 Graf bintang ganda dengan 27 rainbow connection number

Teorema 7. Jika $S_{n,n}$ adalah graf bintang ganda dengan $n \geq 4$, maka rainbow antimagic connection number dari $S_{n,n}$ adalah $2n + 1$.

Bukti. Bukti teorema beserta cara mendapatkannya dipaparkan pada penjelasan di bawah ini.

1. Menentukan graf

Akan ditunjukkan gambar graf bintang ganda dengan $n \geq 4$

2. Menentukan kardinalitas

Graf bintang ganda adalah graf terhubung dengan himpunan titik $V(S_{n,n}) = \{a\} \cup \{b\} \cup \{x_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{y_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan himpunan sisi $E(S_{n,n}) = \{ab\} \cup \{ax_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{by_i, 1 \leq i \leq n\}$. Kardinalitas titik $|V(S_{n,n})| = 2n + 2$ dan sisi $|E(S_{n,n})| = 2n + 1$.

3. Menentukan rainbow antimagic connection number

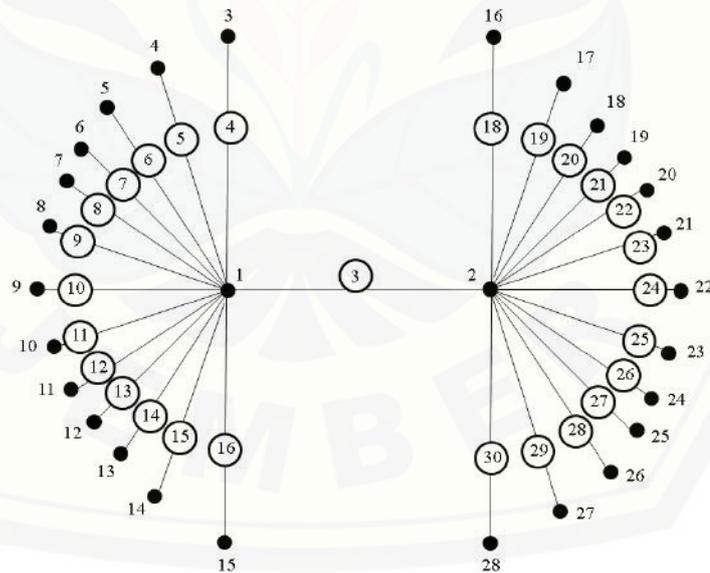
Untuk membuktikan rainbow antimagic connection number dari $S_{n,n}$, kami harus membuktikan batas atas $rc_A(S_{n,n}) \leq 2n + 1$ dan batas bawah $rc_A(S_{n,n}) \geq 2n + 1$. Untuk membuktikan batas atas, kami mendefinisikan sebuah fungsi $f: V(S_{n,n}) \rightarrow \{1, 2, \dots, |V|\}$ sebagai fungsi titik sebagai berikut:

$$f(v) = \begin{cases} f(a) = 1 \\ f(b) = 2 \\ f(x_i) = i + 2 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ f(y_i) = n + i + 2 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

Dengan fungsi titik seperti di atas, dapat diperoleh bobot sisi seperti berikut:

$$w(e) = \begin{cases} w(ax_i) = i + 3 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ w(by_i) = 2i + 3 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ w(ab) = 3 \end{cases}$$

Fungsi titik f dan fungsi bobot sisi w menghasilkan $2n + 1$ warna. Jadi $rc_A(S_{n,n}) \leq 2n + 1$. Selanjutnya akan dibuktikan untuk batas bawah $rc_A(S_{n,n}) \geq 2n + 1$. Berdasarkan gambar graf tangga di bawah ini kita tahu bahwa $\Delta(S_{n,n}) = n + 1$ dan berdasarkan Teorema 6 kita tahu $rc(S_{n,n}) = 2n + 1$. Berdasarkan Lemma 1 didapatkan bahwa $rc_A(G) \geq \max\{\Delta(G), rc(G)\} \equiv rc_A(G) \geq \max\{n + 1, 2n + 1\}$, sehingga $rc_A(G) \geq 2n + 1$. ■



Gambar 3.9 Graf bintang ganda dengan 27 rainbow antimagic connection number

Teorema 8. Jika $F_{n,3}$ adalah graf petasan dengan $n \geq 3$, maka rainbow connection number dari $F_{n,3}$ adalah $3n - 1$.

Bukti. Bukti teorema beserta cara mendapatkannya dipaparkan pada penjelasan di bawah ini.

1. Menentukan graf

Graf yang akan diteliti adalah graf petasan dengan $n \geq 3$.

2. Menentukan kardinalitas graf

Graf petasan adalah graf terhubung dengan himpunan titik $V(F_{n,3}) = \{x_i, y_i, z_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan himpunan sisi $E(F_{n,3}) = \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\} \cup \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{y_i z_i, 1 \leq i \leq n\}$. Kardinalitas titik $|V(F_{n,3})| = 3n$ dan sisi $|E(F_{n,3})| = 3n - 1$.

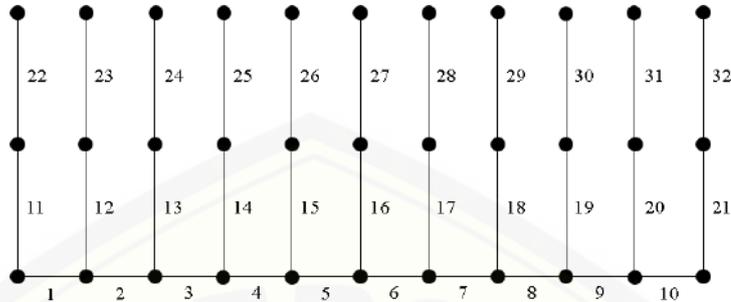
3. Menentukan rainbow connection number

Untuk membuktikan rainbow connection number dari $F_{n,3}$, kami harus membuktikan batas atas $rc(F_{n,3}) \leq 3n - 1$ dan batas bawah $rc(F_{n,3}) \geq 3n - 1$. Untuk membuktikan batas atas, kami mendefinisikan sebuah fungsi $c: E \rightarrow \{1, 2, \dots, |E|\}$ sebagai fungsi pewarnaan sisi, sebagai berikut:

$$c(e) = \begin{cases} c(x_i x_{i+1}) = i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n - 1, \\ c(x_i y_i) = n + i - 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n, \\ c(y_i z_i) = 2n + i - 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

Fungsi di atas mencapai nilai maksimal pada saat $e = y_i z_i$, sehingga banyaknya macam warna yang dihasilkan adalah $2n + n - 1 = 3n - 1$ warna. Jadi $rc(F_{n,3}) \leq 3n - 1$. Selanjutnya akan dibuktikan $rc(F_{n,3}) \geq 3n - 1$. Kami menggunakan kontadiksi untuk membuktikan batas bawah $rc(F_{n,3}) \geq 3n - 1$. Asumsikan bahwa $rc(F_{n,3}) \leq 3n - 2$, misalnya diambil $rc(F_{n,3}) = 3n - 2$. Graf petasan memiliki himpunan sisi $E = \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\} \cup \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{y_i z_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan $|E| = 3n - 1$. Jika kami memberi warna $3n - 2$ pada sisi graf bintang ganda yang banyak sisinya $3n - 1$, maka akan ada $e_1 e_2 \in E$ sedemikian sehingga $c(e_1) = c(e_2)$, tanpa mengurangi perumuman kami dapat memilih $e_1 = x_1 x_2$ dan $e_2 = x_1 y_1$. Karena $F_{n,3}$ adalah graf terhubung dengan $rc(F_{n,3}) = 3n - 2$, maka lintasan $x_1 x_2 - x_1 y_1$ bukan merupakan lintasan pelangi karena $c(x_1 x_2) = c(x_1 y_1)$.

Hal tersebut merupakan kontradiksi dari asumsi awal, maka $rc(F_{n,3}) \geq 3n - 1$.
 1. ■



Gambar 3.10 Graf petasan dengan 32 rainbow connection number

Teorema 9. Jika $F_{n,3}$ adalah graf bintang ganda dengan $n \geq 4$, maka rainbow antimagic connection number dari $F_{n,3}$ adalah $3n - 1$.

Bukti. Bukti teorema beserta cara mendapatkannya dipaparkan pada penjelasan di bawah ini.

1. Menentukan graf

Akan ditunjukkan gambar graf petasan dengan $n \geq 4$

2. Menentukan kardinalitas

Graf petasan adalah graf terhubung dengan himpunan titik $V(F_{n,3}) = \{x_i, y_i, z_i, 1 \leq i \leq n\}$ dan himpunan sisi $E(F_{n,3}) = \{x_i x_{i+1}, 1 \leq i \leq n - 1\} \cup \{x_i y_i, 1 \leq i \leq n\} \cup \{y_i z_i, 1 \leq i \leq n\}$. Kardinalitas titik $|V(F_{n,3})| = 3n$ dan sisi $|E(F_{n,3})| = 3n - 1$.

3. Menentukan rainbow antimagic connection number

Untuk membuktikan rainbow antimagic connection number dari $F_{n,3}$, kami harus membuktikan batas atas $rc_A(F_{n,3}) \leq 3n - 1$ dan batas bawah $rc_A(F_{n,3}) \geq 3n - 1$. Untuk membuktikan batas atas, kami mendefinisikan sebuah fungsi $f: V(F_{n,3}) \rightarrow \{1, 2, \dots, |V|\}$ sebagai fungsi titik sebagai berikut:

Untuk n bilangan ganjil,

$$f(v) = \begin{cases} f(x_i) = i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ f(y_i) = 2n + i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ f(z_i) = n + i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

Untuk n bilangan genap,

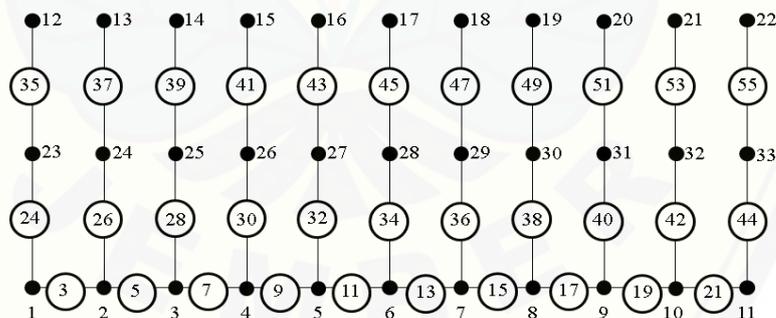
$$f(v) = \begin{cases} f(x_i) = i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ f(y_i) = n + i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ f(z_i) = 2n + i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

Dengan fungsi titik seperti di atas, dapat diperoleh bobot sisi seperti berikut

Untuk n bilangan ganjil,

$$w(e) = \begin{cases} w(x_i x_{i+1}) = 2i + 1 & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n - 1 \\ w(x_i y_i) = 2n + 2i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \\ w(y_i z_i) = 3n + 2i & , \text{ untuk } 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

Fungsi titik f dan fungsi bobot sisi w menghasilkan $2n + 1$ warna. Jadi $rc_A(F_{n,3}) \leq 2n + 1$. Selanjutnya akan dibuktikan untuk batas bawah $rc_A(F_{n,3}) \geq 2n + 1$. Berdasarkan gambar graf tangga di bawah ini kita tahu bahwa $\Delta(F_{n,3}) = n + 1$ dan berdasarkan Teorema 6 kita tahu $rc(F_{n,3}) = 2n + 1$. Berdasarkan Lemma 1 didapatkan bahwa $rc_A(G) \geq \max\{\Delta(G), rc(G)\} \equiv rc_A(F_{n,3}) \geq \max\{n + 1, 2n + 1\}$, sehingga $rc_A(F_{n,3}) \geq 2n + 1$. ■



Gambar 3.11 Graf petasan dengan 32 rainbow antimagic connection number

3.4 Open Problem

Open Problem 1. Misalkan L_n adalah graf berlian dengan $n \geq 4$ dan n bilangan genap, tentukan rainbow antimagic connection number dari L_n

Open Problem 2. Misalkan TL_n adalah graf berlian dengan $n \geq 4$, tentukan rainbow antimagic connection number dari TL_n

Open Problem 3. Misalkan D_n adalah graf berlian dengan $n \geq 2$, tentukan rainbow antimagic connection number dari D_n

4. Kesimpulan

Monograf ini berisi hasil penelitian penulis berupa beberapa teorema tentang pewarnaan anti ajaib pelangi pada graf. Pada monograf ini telah ditemukan beberapa lemma dan teorema sekaligus bukti dari teorema tersebut. Teorema tersebut antara lain sebagai berikut:

Teorema 1. Jika L_n adalah graf tangga dengan $n \geq 4$, maka rainbow connection number dari L_n adalah n .

Teorema 2. Jika $S_{n,n}$ adalah graf bintang ganda dengan $n \geq 4$, maka rainbow connection number dari $S_{n,n}$ adalah $2n + 1$.

Teorema 3. Jika $F_{n,3}$ adalah graf petasan dengan $n \geq 3$, maka rainbow connection number dari $F_{n,3}$ adalah $3n - 1$.

Teorema 4. Misalkan L_n adalah graf tangga dengan $n \geq 4$ dan $n \in$ bilangan ganjil, maka rainbow antimagic connection number dari L_n adalah n .

Teorema 5. Misalkan D_n adalah graf berlian dengan $n \geq 4$, maka rainbow antimagic connection number dari D_n adalah $n + 2$.

Teorema 6. Jika $S_{n,n}$ adalah graf bintang ganda dengan $n \geq 4$, maka rainbow connection number dari $S_{n,n}$ adalah $2n + 1$.

Teorema 7. Jika $F_{n,3}$ adalah graf petasan dengan $n \geq 3$, maka rainbow antimagic connection number dari $F_{n,3}$ adalah $3n - 1$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustin I H, Dafik, Gembong A W and Alfarisi R 2017 On rainbow k- connection number of special graphs and it's sharp lower bound *Journal of Physics: Conference Series*. 855
- [2] Arputharnarya A and Mercy M H 2015 Pewarnaan pelangi of shadows graphs *International Journal of Pure and Applied Mathematics* 101(6) 873-881
- [3] Chartrand G, Johns G L, McKeon K A and Zhang P 2008 Rainbow connection in graphs *Mathematica Bohemica*. 133 85-98
- [4] Dafik, Slamin and Muharromah A 2008 On the (strong) rainbow vertex connection of graphs resulting from edge comb product *Discrete Methematics* 308 3624-3633
- [5] Darmawan R N and Dafik 2014 Rainbow connection number of prism and product of two graphs proceedings on the mathematics seminar
- [6] Feihuang C Yuchang L Yizhi P Xuding Z 2015 Antimagic Labeling of Regular Graphs *Journal of Graph Theory* 82
- [7] Hartsfield N and Rigel G 1994 Pearls in graph theory Academic Press
- [8] Hasan M, Slamin, Dafik, Agustin I H and Alfarisi R 2018 On the total rainbow connection of the wheel related graphs *Journal of Physics: Conference Series*. 1008 012054
- [9] Hengzhe L, Xueliang L and Sujuan L 2012 Rainbow connection of graphs with diameter 2 *Discrete Methematics* 312 1453-1457
- [10] Liang Y C, Wong T L and Zhu X 2014 Anti-magic labeling of trees *Discrete Methematics* 331 9-14
- [11] Liu Y and Wang Z 2014 Rainbow connection number of the thorn graph *Applied Mathematical Sciences* 128 6373-6377
- [12] Putri D F, Dafik, Agustin I H, Ridho A 2018 On the local vertex antimagic total coloring of some families tree *Journal of Physics: Conference Series*. 1008
- [13] Wang T M and Hsiao C C 2008 On Anti-magic labeling for graph products *Discrete Methematics* 308 3624-3633
- [14] Yair C, Arie L, Yehuda R, Zsolt T and Raphael Y 2008 On rainbow connection *The electronic journal of combinatorics* 15

LAMPIRAN E.1

DOKUMENTASI PENELITIAN







LAMPIRAN E.2



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
 Telepon: 0331-334988, 330738 Faks: 0331-334988
 Laman: www.fkip.unj.ac.id

LEMBAR REVISI TESIS

NAMA MAHASISWA : Budi Sulistiyono
 NIM : 180220101021
 JUDUL TESIS : Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan Research Based Learning dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif-Inovatif Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah Rainbow Antimagie Coloring
 TANGGAL UJIAN : 23 Januari 2020
 PEMBIMBING : Prof. Drs. Slamun, M.Comp.Sc., Ph.D.
 Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

MATERI PEMBETULAN / PERBAIKAN

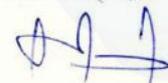
No.	HALAMAN	HAL-HAL YANG HARUS DIPERBAIKI
1.	4	Perbaiki rumusan masalah
2.	5	Perbaiki spesifikasi perangkat
3.	29	Tambahi beberapa di definisi operasional
4.	96	Perbaiki bagian pembahasan
5.	100	Perbaiki kesimpulan
6.	116	Perbaiki lampiran
7.	-	Rapikan gambar
8.	-	Tambahkan autobiografi

PERSETUJUAN TIM PENGUJI

JABATAN	NAMA TIM PENGUJI	TTD dan Tanggal
Ketua	Prof. Drs. Slamun, M.Comp.Sc., Ph.D.	 27/1/2020
Sekretaris	Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.	 27/1/2020
Anggota	Prof. Dr. Sunardi, M.Pd.	
	Dr. Hobri, S.Pd., M.Pd.	
	Dr. Nanik Yulianti, M.Pd.	

Jember, 27 Januari 2020
 Mengetahui / menyetujui :

Dosen Pembimbing I,



Prof. Drs. Slamun, M.Comp.Sc., Ph.D.
 NIP. 19670420 199201 1 001

Dosen Pembimbing II,



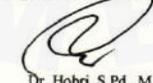
Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.
 NIP. 19680602 199703 1 004

Mahasiswa Yang Bersangkutan



Budi Sulistiyono
 NIM. 180220101021

Mengetahui,
 Koordinator Program Studi
 Magister Pendidikan Matematika



Dr. Hobri, S.Pd., M.Pd.
 NIP. 19730506 199702 1 001

LAMPIRAN E.3**AUTOBIOGRAFI****Budi Sulistiyono**

Budi Sulistiyono lahir di Kabupaten Bantul pada tanggal 1 Desember 1993. Dia anak keempat dari empat bersaudara. Anak dari pasangan Yohanes Sutarjo dan Sumini ini mempunyai sejarah pendidikan yang panjang. Pendidikan dasar ditempuhnya di SDN Tegalrejo II Yogyakarta dari tahun 2000 sampai tahun 2006. Pendidikan menengah pertama ditempuhnya di SMPN 6 Yogyakarta pada tahun 2006-2009. Pendidikan menengah atas ditempuhnya pada tahun 2009-2012. Kecintaannya pada bidang ilmu matematika membuat dia melanjutkan pendidikan tingginya di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta pada tahun 2012-2017. Setelah lulus dari pendidikan tingginya, dia diterima sebagai guru matematika di SD Tiga Bahasa Rukun Harapan Jember. Kurang lebih bekerja sebagai guru di sekolah tersebut, dia memutuskan untuk melanjutkan pendidikannya di Universitas Jember pada tahun 2018.