



**PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA  
BERDASARKAN *PROBLEM BASED LEARNING* DAN PENGARUHNYA  
TERHADAP KETERAMPILAN GENERALISASI MAHASISWA  
MENYELESAIKAN MASALAH *r-DYNAMIC  
VERTEX COLORING***

**TESIS**

Oleh:

**Lelita Oktafianti Harjito**

**NIM. 180220101004**

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

**2020**



**PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA  
BERDASARKAN *PROBLEM BASED LEARNING* DAN PENGARUHNYA  
TERHADAP KETERAMPILAN GENERALISASI MAHASISWA  
MENYELESAIKAN MASALAH *r-DYNAMIC*  
*VERTEX COLORING***

**TESIS**

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

Oleh:

**Lelita Oktafianti Harjito**

**NIM. 180220101004**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan anugerah-Nya serta dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya tesis ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya khaturkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada:

1. Keluarga tersayang Ayah Rujito dan Ibu Hariyati serta adik Rio Aji Pradana yang telah memberikan dukungan, do'a, motivasi, serta materi tiada henti untuk kesuksesan saya;
2. Bapak Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D. dan Ibu Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah memberikan saran dan dukungan penuh atas penyelesaian tesis ini; dan
3. Teman-teman seperjuangan Magister Pendidikan Matematika angkatan 2018.

Terimakasih yang sebesar-besarnya untuk semua, akhir kata saya persembahkan tesis ini untuk semua yang saya sayangi. Dan semoga tesis ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang amin.

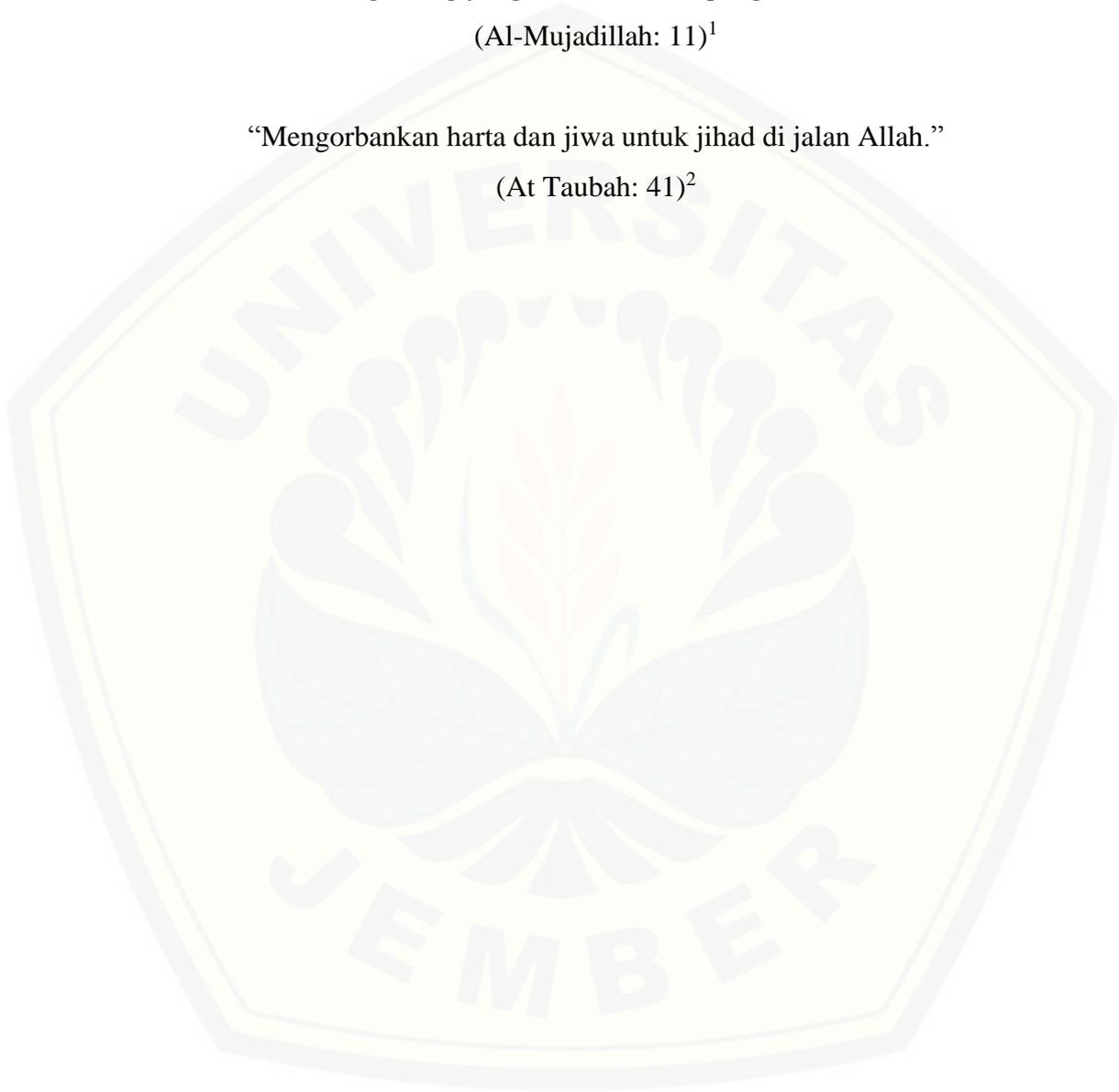
**HALAMAN MOTTO**

“Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang memiliki ilmu pengetahuan.”

(Al-Mujadillah: 11)<sup>1</sup>

“Mengorbankan harta dan jiwa untuk jihad di jalan Allah.”

(At Taubah: 41)<sup>2</sup>



---

\*) Tim Penyusun. 2007. *Al-Qur'anulkarim*. Bogor: Terjemah Tafsir Per Kata

**HALAMAN PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lelita Oktafianti Harjito

NIM : 180220101004

Program Studi : Magister Pendidikan Matematika

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang berjudul **“Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan *Problem Based Learning* dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Generalisasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah *r-Dynamic Vertex Coloring*”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum diajukan pada instansi manapun, serta 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 adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2020

Yang menyatakan,

Lelita Oktafianti Harjito

NIM. 180220101004

**TESIS**

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA  
BERDASARKAN *PROBLEM BASED LEARNING* DAN PENGARUHNYA  
TERHADAP KETERAMPILAN GENERALISASI MAHASISWA  
MENYELESAIKAN MASALAH *r-DYNAMIC*  
*VERTEX COLORING*

Oleh:

Lelita Oktafianti Harjito

NIM. 180220101004

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

Dosen Pembimbing II : Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd.

**HALAMAN PENGAJUAN**

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA  
BERDASARKAN *PROBLEM BASED LEARNING* DAN PENGARUHNYA  
TERHADAP KETERAMPILAN GENERALISASI MAHASISWA  
MENYELESAIKAN MASALAH *r-DYNAMIC*  
*VERTEX COLORING*

**TESIS**

Diajukan untuk dipertahankan di depan Tim Penguji sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Magister Pendidikan Matematika pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Nama Mahasiswa : Lelita Oktafianti Harjito  
NIM : 180220101004  
Jurusan : Pendidikan MIPA  
Program Studi : Magister Pendidikan Matematika  
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Angkatan Tahun : 2018  
Daerah Asal : Banyuwangi  
Tempat, Tanggal Lahir : Banyuwangi, 11 Oktober 1995

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II.

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

Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd.  
NIP. 19760502 200604 2 001

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tesis berjudul **“Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan *Problem Based Learning* dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Generalisasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah *r-Dynamic Vertex Coloring*”** telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari / tanggal : Jum'at, 10 Januari 2020

Jam : 07.00 – 08.40

Tempat : Ruang 35A 304 Gedung III FKIP Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

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

Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd.  
NIP. 19760502 200604 2 001

Anggota I,

Anggota II,

Anggota III,

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

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 *Problem Based Learning* dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Generalisasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah *r-Dynamic Vertex Coloring*;** Lelita Oktafianti Harjito; 180220101004; 2020; 94 halaman; Program Studi Magister Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Keterampilan generalisasi sangat dibutuhkan dalam setiap pembelajaran. Namun dalam pembelajaran masih belum memaksimalkan keterampilan generalisasi pada mahasiswa. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan diterapkan *Problem Based Learning* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa. *Problem Based Learning* adalah sebuah strategi pembelajaran yang digunakan oleh pendidik untuk mengembangkan kemampuan berpikir serta keterampilan memecahkan masalah dengan menggunakan langkah-langkah ilmiah untuk mengintegrasikan ilmu baru. Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode yang menggabungkan antara kualitatif dan metode kuantitatif atau bisa disebut metode gabungan.

Penelitian ini melibatkan 62 mahasiswa yang terbagi dalam dua kelas, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol yang terdiri dari 32 mahasiswa dari kelas eksperimen dan 30 mahasiswa dari kelas kontrol. Hasil dari penelitian akan diperoleh melalui *pretest* dan *posttest*. Langkah awal yang dilakukan sebelum mengembangkan perangkat pembelajaran adalah menentukan kelas pengembangan sebagai acuan atau dasar pengembangan perangkat pembelajaran. Pengembangan perangkat pada penelitian ini mengacu pada model Thiagarajan yang terdiri dari empat tahapan yaitu: pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Analisis data menggunakan statistik kuantitatif dengan aplikasi SPSS untuk menemukan perbedaan dari hasil belajar dengan model pembelajaran *Problem Based Learning*.

Berdasarkan uji hipotesis diketahui bahwa  $p\text{-value } 0,000 < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak, artinya bahwa ada pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika

berdasarkan *Problem Based Learning* terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa. Keterampilan generalisasi dibagi menjadi 4 level, yaitu level *very high*, *high*, *average*, dan *low*. Hasil pekerjaan mahasiswa digunakan untuk mengetahui alur berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*. Tindakan yang dilakukan yaitu melakukan wawancara terhadap hasil pekerjaan mahasiswa.

Monograf berisi penjelasan konsep *r-dynamic vertex coloring*. Selain itu monograf juga memuat aktivitas atau langkah-langkah riset yang dapat membantu mahasiswa untuk menemukan *r-dynamic vertex coloring*. Monograf terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu definisi graf, jenis graf, pewarnaan *r-dynamic vertex coloring*, tinjauan hasil penelitian terdahulu, penemuan pengembangan pola baru, dan generalisasinya dari penulis serta pola-pola yang telah ditemukan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penerapan *Problem Based Learning* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa di kelas eksperimen. Mahasiswa di kelas eksperimen menunjukkan keterampilan generalisasi mereka lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar mahasiswa dan keterampilan generalisasi dilihat dari *posttest*. Nilai kelas eksperimen lebih baik karena dalam meningkatkan keterampilan generalisasi mahasiswa.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan *Problem Based Learning* dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Generalisasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah *r-Dynamic Vertex Coloring*”.

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

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ketua Koordinator Program Studi Magister Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Para dosen Program Studi Magister Pendidikan Matematika yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Dosen pembimbing dan validator yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan bimbingan dalam penyusunan tesis ini;
5. Dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membantu dalam menyempurnakan tesis ini;
6. Teman-teman RG Combinatorics 2018 (Diana, Hayyu, Miftah, Mega, Lisa, Syamsie, Stenly, Budi, dan Aljabar) yang selalu memberi semangat;
7. CGANT Reserach Group (Ika Hesti A., Dwi Agustin Retno W., Elsa Yuli K., Rosanita N., Ridho Alfarisi, Rafiantika Megahnia P., Ermita Riski A., dan Robiathul Adawiyah) atas bimbingannya membantu penyelesaian tesis ini;
8. Teman-teman angkatan 2018, terimakasih atas dukungan dan do'anya.

Semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Esa. Besar harapan bila segenap pemerhati memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Semoga tesis ini dapat bermanfaat amin.

Jember, Januari 2020

Penulis

**DAFTAR ISI**

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN PENGAJUAN.....	vii
HALAMAN PENGESAHAN.....	viii
RINGKASAN .....	ix
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR DIAGRAM.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Balakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Spesifikasi Perangkat .....	5
1.6 Kebaruan Penelitian .....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	6
2.1.1 Pengertian <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	6
2.1.2 Karakteristik <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	7
2.1.3 Sintaks <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	8
2.1.4 Kelebihan dan Kelemahan <i>Problem Based Learning</i> (PBL) .....	9

2.1.5	Penilaian dan Evaluasi <i>Problem Based Learning</i> (PBL) .....	10
2.2	Keterampilan Generalisasi Matematika .....	11
2.3	Pewarnaan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i> .....	12
2.4	Perangkat Pembelajaran .....	14
2.4.1	Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) .....	14
2.4.2	<i>Pretest Posttest</i> .....	15
2.5	Penelitian Terdahulu .....	15
BAB 3. METODE PENELITIAN.....		18
3.1	Jenis Penelitian .....	18
3.2	Definisi Operasioanl .....	19
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.4	Prosedur Penelitian.....	20
3.4.1	Profil Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan.....	20
3.4.2	Tahap Pengembangan Perangkat.....	21
3.4.3	Tahap Pengolahan dan Analisis .....	26
3.4.4	Proses Metode Kombinasi ( <i>mixed method</i> ).....	26
3.5	Teknik Pengumpulan Data .....	27
3.5.1	Validasi Perangkat Pembelajaran .....	28
3.5.2	Pengamatan Keterlaksanaan Pembelajaran .....	28
3.5.3	Tes Aktivitas Riset (TAR).....	28
3.5.4	Angket Respon.....	28
3.5.5	Angket Keterbacaan .....	29
3.5.6	Pengamatan Aktivitas Mahasiswa .....	29
3.6	Teknik Pengolahan dan Analisis Data .....	29
3.6.1	Uji Reliabilitas Perangkat .....	29
3.6.2	Uji Normalitas .....	30
3.6.3	Uji Homogenitas.....	30
3.7	Analisis Data .....	30
3.7.1	Validasi Perangkat Pembelajaran .....	30

3.7.2 Uji Hipotesis <i>t-test</i> .....	31
3.7.3 Kepraktisan Perangkat Pembelajaran .....	32
3.7.4 Keefektifan Perangkat Pembelajaran.....	32
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
4.1 Profil Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan .....	34
4.2 Proses Pengembangan Perangkat Pembelajaran .....	35
4.2.1 Tahap Pendefinisian ( <i>Define</i> ).....	35
4.2.2 Tahap Perancangan ( <i>Design</i> ).....	38
4.2.3 Tahap Pengembangan ( <i>Develop</i> ).....	39
4.2.4 Tahap Penyebaran ( <i>Disseminate</i> ).....	43
4.3 Hasil Pengembangan Perangkat Pembelajaran .....	44
4.3.1 Hasil Pengembangan setelah Validasi.....	44
4.3.2 Hasil Uji Coba Perangkat Pembelajaran .....	51
4.4 Pengaruh Penerapan <i>Problem Based Learning</i> .....	55
4.4.1 Analisis <i>Pretest</i> .....	55
4.4.2 Analisis <i>Posttest</i> .....	58
4.4.3 Uji Hipotesis .....	61
4.4.4 Aktivitas <i>Problem Based Learning</i> .....	62
4.5 Profil Keterampilan Generalisasi Mahasiswa .....	67
4.6 Potret Fase .....	71
4.7 Monograf .....	79
4.8 Pembahasan .....	83
4.8.1 Pembahasan Profil Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan.....	83
4.8.2 Pembahasan Proses dan Hasil Pengembangan .....	83
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>88</b>
5.1 Kesimpulan .....	88
5.2 Saran.....	91
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>92</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

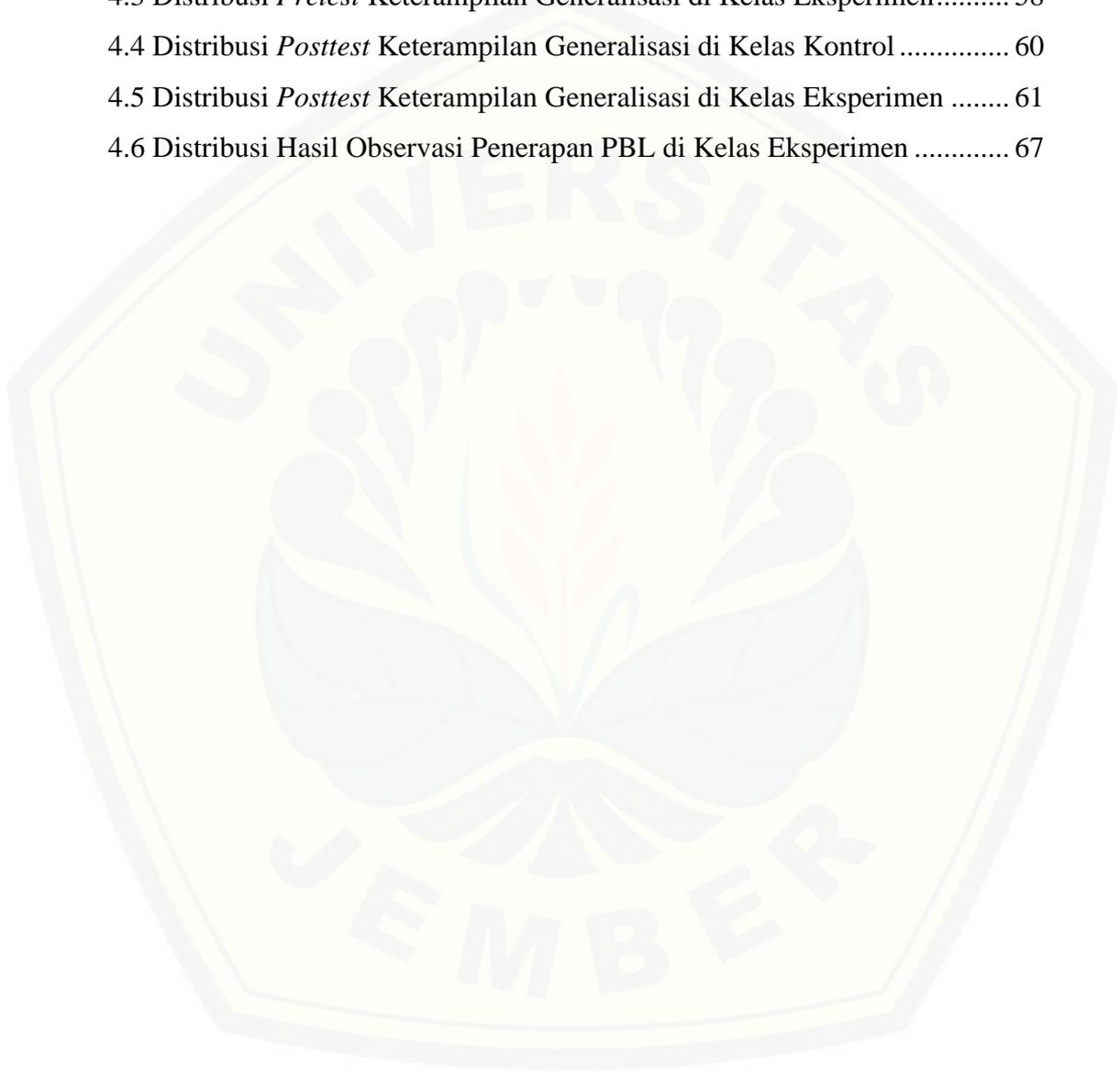
2.1 Sintaks <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	8
2.2 Indikator Keterampilan Generalisasi Matematis.....	12
2.3 Penelitian Terdahulu terkait <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	16
3.1 Kriteria Reliabilitas .....	30
3.2 Kriteria Kevalidan Perangkat Pembelajaran .....	31
3.3 Kriteria Data Hasil Observasi Aktivitas Dosen .....	32
3.4 Kriteria Analisis Hasil Observasi.....	33
4.1 Hasil Belajar Mahasiswa pada Kelas Pengembangan.....	34
4.2 Jadwal Pelaksanaan Uji Coba .....	41
4.3 Rekapitulasi Validasi Rencana Pembelajaran .....	45
4.4 Revisi Rencana Pembelajaran .....	46
4.5 Rekapitulasi Validasi LKM.....	47
4.6 Revisi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM).....	49
4.7 Rekapitulasi Validasi <i>Posttest</i> .....	49
4.8 Revisi <i>Posttest</i> .....	51
4.9 Rekapitulasi Hasil Observasi Aktivitas Dosen .....	52
4.10 Rekapitulasi Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa.....	53
4.11 Rekapitulasi Hasil Respon Mahasiswa terhadap Pembelajaran.....	54
4.12 Uji Normalitas <i>Pretest</i> .....	55
4.13 Uji Homogenitas <i>Pretest</i> .....	56
4.14 Mean Hasil <i>Pretest</i> .....	56
4.15 Uji <i>t</i> Independen <i>Pretest</i> .....	56
4.16 Uji Normalitas <i>Posttest</i> .....	58
4.17 Uji Homogenitas <i>Posttest</i> .....	59
4.18 Mean Hasil <i>Posttest</i> .....	59
4.19 Uji <i>t</i> Independen <i>Posttest</i> .....	59

**DAFTAR GAMBAR**

2.1 Contoh <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i> .....	14
3.1 Desain <i>Sequential Exploratory</i> .....	19
3.2 Alur Pengembangan Perangkat Model Thiagarajan .....	25
3.3 Tahapan Model Penelitian Kombinasi .....	27
4.1 Peta Konsep Materi <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i> .....	37
4.2 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 1 <i>Problem Based Learning</i> .....	63
4.3 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 2 <i>Problem Based Learning</i> .....	64
4.4 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 3 <i>Problem Based Learning</i> .....	65
4.5 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 4 <i>Problem Based Learning</i> .....	65
4.6 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 5 <i>Problem Based Learning</i> .....	66
4.7 Hasil Pekerjaan Mahasiswa Level <i>Very High</i> .....	69
4.8 Hasil Pekerjaan Mahasiswa Level <i>High</i> .....	69
4.9 Hasil Pekerjaan Mahasiswa Level <i>Average</i> .....	70
4.10 Hasil Pekerjaan Mahasiswa Level <i>Low</i> .....	70
4.11 Hasil Pekerjaan <i>Posttest</i> Subjek 1.....	72
4.12 Potret Fase Subjek 1.....	73
4.13 Hasil Pekerjaan <i>Posttest</i> Subjek 2.....	74
4.14 Potret Fase Subjek 2.....	75
4.15 Hasil Pekerjaan <i>Posttest</i> Subjek 3.....	76
4.16 Potret Fase Subjek 3.....	77
4.17 Hasil Pekerjaan <i>Posttest</i> Subjek 4.....	78
4.18 Potret Fase Subjek 4.....	79
4.19 Cover dan Isi Monograf .....	80

**DAFTAR DIAGRAM**

4.1 Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan .....	35
4.2 Distribusi <i>Pretest</i> Keterampilan Generalisasi di Kelas Kontrol .....	57
4.3 Distribusi <i>Pretest</i> Keterampilan Generalisasi di Kelas Eksperimen.....	58
4.4 Distribusi <i>Posttest</i> Keterampilan Generalisasi di Kelas Kontrol .....	60
4.5 Distribusi <i>Posttest</i> Keterampilan Generalisasi di Kelas Eksperimen .....	61
4.6 Distribusi Hasil Observasi Penerapan PBL di Kelas Eksperimen .....	67



**DAFTAR LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A**

A.1 Matriks Penelitian .....	95
A.2 Silabus Kombinatorika.....	97
A.3 RPS Kombinatorika .....	99
A.4 Kontrak Kuliah Kombinatorika.....	103
A.5 Rencana Pembelajaran (RP).....	106
A.6 Soal <i>Pretest</i> .....	109
A.7 Soal <i>Posttest</i> .....	111
A.8 Lembar Kerja Mahasiswa (LKM).....	113
A.9 Kunci Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) .....	122
A.10 Lembar Observasi Aktivitas Mahasiswa.....	131
A.11 Lembar Observasi Pendidik .....	132
A.12 Angket Respon Mahasiswa .....	134
A.13 Pedoman Wawancara .....	136

**LAMPIRAN B**

B.1 Lembar Validasi Rencana Pembelajaran (RP) .....	138
B.2 Lembar Validasi <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> .....	141
B.3 Lembar Validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) .....	143
B.4 Rubrik Penilaian Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) .....	145
B.5 Lembar Validasi Observasi Aktivitas Mahasiswa.....	149
B.6 Rubrik Penilaian Lembar Validasi Observasi Aktivitas Mahasiswa.....	151
B.7 Lembar Validasi Observasi Pendidik .....	152
B.8 Rubrik Penilaian Lembar Validasi Observasi Pendidik .....	155
B.9 Lembar Validasi Angket Respon Mahasiswa.....	160
B.10 Rubrik Penilaian Lembar Validasi Angket Respon Mahasiswa.....	161
B.11 Lembar Validasi Pedoman Wawancara.....	163
B.12 Rubrik Penilaian Lembar Validasi Pedoman Wawancara.....	165

**LAMPIRAN C**

C.1 Hasil Validasi Rancangan Pembelajaran (RP) .....	167
C.2 Hasil Validasi <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> .....	170
C.3 Hasil Validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) .....	172
C.4 Hasil Validasi Observasi Aktivitas Mahasiswa.....	174
C.5 Hasil Validasi Observasi Pendidik .....	176
C.6 Hasil Validasi Angket Respon Mahasiswa.....	178
C.7 Hasil Validasi Pedoman Wawancara.....	179
C.8 Hasil Pengerjaan <i>Pretest</i> .....	181
C.9 Hasil Pengerjaan <i>Posttest</i> .....	183

**LAMPIRAN D**

D.1 Hasil Mahasiswa Kelas Pengembangan .....	185
D.2 Hasil Mahasiswa Kelas Eksperimen .....	186
D.3 Hasil Mahasiswa Kelas Kontrol .....	187
D.4 Hasil SPSS Data <i>Pretest</i> .....	188
D.5 Hasil SPSS Data <i>Posttest</i> .....	190

**LAMPIRAN E**

E.1 Monograf .....	192
E.2 Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	226
E.3 Lembar Revisi Tesis .....	227
E.4 Autobiografi.....	228

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Matematika adalah ilmu pasti, artinya tidak dapat diubah-ubah lagi. Matematika dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan baik dalam bidang matematika itu sendiri, maupun dalam kehidupan sehari-hari. Dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan khususnya bidang matematika, para pendidik dituntut untuk selalu meningkatkan diri baik dalam pengetahuan matematika maupun pengelolaan proses belajar mengajar serta sumber bahan ajar yang akan diberikan kepada peserta didik.

Masykur dan Fathani (2009:41) mengatakan bahwa di Indonesia, sejak bangku SD sampai perguruan tinggi, bahkan mungkin sejak *play group* atau sebelumnya (*baby school*), syarat penguasaan terhadap matematika jelas tidak bisa dikesampingkan. Matematika menyajikan permasalahan-permasalahan yang ada dalam kehidupan yang kemudian disajikan dalam bentuk soal. Dari permasalahan yang disajikan dalam bentuk soal tersebut, seseorang dapat melatih berbagai kemampuan, seperti kemampuan berpikir yang logis, kreatif, kritis, serta sistematis. Syaibani (2016) berpendapat bahwa melalui suatu pembelajaran matematika, pendidik membimbing anak didiknya untuk menalar dan dengan kemampuan kreatifitasnya dapat menyelesaikan atau memecahkan permasalahan yang disajikan, sehingga dengan memecahkan permasalahan tersebut pelajar akan benar-benar siap menghadapi tantangan di dunia nyata.

Salah satu kemampuan yang harus dimiliki dalam proses pembelajaran matematika adalah keterampilan menalar. Oleh karena itu untuk meningkatkan kemampuan menalar mahasiswa, dalam dilakukan dengan mengembangkan keterampilan generalisasinya. Keterampilan generalisasi merupakan suatu proses pengambilan kesimpulan secara umum atau lebih sederhana dari sebuah permasalahan. Keterampilan ini mampu membantu mahasiswa dalam menyelesaikan sebuah permasalahan salah satunya dalam bidang matematika diskrit.

Permasalahan yang dapat disajikan oleh dosen adalah masalah matematika dalam kehidupan sehari-hari, khususnya teori graf yang memiliki peranan penting pada kehidupan. Pada jenjang perguruan tinggi, teori graf tergolong kajian kombinatorik yang masuk dalam mata kuliah matematika diskrit. Dalam kegiatan perkuliahan teori graf khususnya pada materi *r-dynamic vertex coloring* dibutuhkan keterampilan berpikir generalisasi yang merupakan sebuah keterampilan yang harus dimiliki peserta didik dalam menempuh kajian kombinatorik khususnya teori graf.

Pada kegiatan pembelajaran, hubungan antara materi *r-dynamic vertex coloring* dan keterampilan berpikir generalisasi memiliki sebuah keterkaitan karena jika menempuh mata kuliah tersebut maka sangat dibutuhkan keterampilan berpikir generalisasi. Dengan demikian dalam kegiatan perkuliahan diperlukan strategi dan rancangan yang tepat untuk menumbuhkan dan mengoptimalkan kemampuan berpikir generalisasi mahasiswa.

Salah satu model pembelajaran yang mengarah pada keterampilan berpikir generalisasi mahasiswa adalah model *Problem Based Learning*. Menurut Arends (dalam Husnan, 2014: 295) mendefinisikan *Problem Based Learning* sebagai model pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran peserta didik pada masalah autentik sehingga peserta didik dapat menyusun pengetahuan sendiri, menumbuhkembangkan keterampilan yang lebih tinggi dan mencari/menggali informasi (*inquiry*), memandirikan peserta didik dan meningkatkan kepercayaan diri sendiri. Karakteristik model pembelajaran ini meliputi: (1) Belajar diawali dengan sebuah masalah; (2) Masalah yang diberikan berhubungan dengan dunia nyata peserta didik atau integrasi konsep dan masalah dunia nyata; (3) Keterkaitan masalah dengan berbagai disiplin ilmu; (4) Penyelidikan yang dilakukan bersifat autentik; (5) Menghasilkan dan memamerkan hasil karya; (6) Adanya kolaborasi antar peserta didik, maupun peserta didik dengan pendidik; (7) Menggunakan kelompok kecil.

Perangkat pembelajaran yang harus dipersiapkan harus mampu memiliki fungsi yang optimal dalam kegiatan perkuliahan mahasiswa. Perangkat pembelajaran yang perlu dikembangkan dalam menunjang keberhasilan suatu

kegiatan pembelajaran yang berdasarkan *Problem Based Learning* pada tingkat perguruan tinggi adalah Rencana Pembelajaran (RP), Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), *pretest* dan *posttest*, serta monograf.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka peneliti mengangkat judul “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan *Problem Based Learning* dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Generalisasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah *r-Dynamic Vertex Coloring*”.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Bagaimanakah profil hasil belajar mahasiswa di kelas pengembangan?
- b) Bagaimanakah proses pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* pada kajian *r-dynamic vertex coloring*?
- c) Bagaimanakah hasil pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* pada kajian *r-dynamic vertex coloring*?
- d) Adakah pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*?
- e) Bagaimanakah profil keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*?
- f) Bagaimanakah potret fase keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*?
- g) Bagaimanakah bentuk monograf dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Mengetahui profil hasil belajar mahasiswa di kelas pengembangan.

- b) Mengetahui proses pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* pada kajian *r-dynamic vertex coloring*.
- c) Mengetahui hasil pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* pada kajian *r-dynamic vertex coloring*.
- d) Mengetahui pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*.
- e) Mengetahui profil keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*.
- f) Mengetahui potret fase keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*?
- g) Mengetahui bentuk monograf dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tesis ini antara lain:

- a) Bagi peneliti, memperluas wawasan peneliti dalam pembuatan perangkat pembelajaran dalam perkuliahan khususnya kajian teori graf.
- b) Bagi dosen, dapat meningkatkan dan mengembangkan keterampilan dosen dalam membuat inovasi dalam pembuatan perangkat pembelajaran, khususnya berdasarkan *Problem Based Learning* dalam kajian *r-dynamic vertex coloring*.
- c) Bagi mahasiswa, dapat mengembangkan pemahaman terhadap kajian *r-dynamic vertex coloring* dan menumbuhkan keterampilan generalisasinya.
- d) Bagi universitas, dapat membangun minat dosen dalam mengembangkan kreatifitas pengembangan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning*.
- e) Bagi peneliti lain, sebagai referensi dalam pengembangan penelitian dengan bidang kajian sejenis.

### 1.5 Spesifikasi Perangkat

- a) Rencana Pembelajaran (RP) merupakan susunan rencana pembelajaran untuk mahasiswa selama proses pembelajaran berlangsung, dimana RP tersebut sesuai dengan sintaks *Problem Based Learning*.
- b) Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) pada penelitian ini memiliki spesifikasi yaitu LKM berisi permasalahan terkait kajian *r-dynamic vertex coloring* dan LKM memunculkan komponen-komponen *Problem Based Learning*.
- c) *Pretest* dan *posttest* merupakan tes yang dilakukan sebelum dan sesudah pembelajaran diterapkan. Nilai pada *pretest* dan *posttest* digunakan untuk mengetahui pengaruh pengembangan perangkat pembelajaran matematika terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa.
- d) Monograf pada penelitian ini merupakan hasil dari pekerjaan mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan tentang *r-dynamic vertex coloring* dan sesuai kebutuhan peneliti dalam menunjang penelitian.

### 1.6 Kebaruan Penelitian

Hasil penelitian ini memiliki beberapa kebaruan, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a) Pengembangan monograf pada kajian *r-dynamic vertex coloring* dalam teori graf. Monograf berisi materi pengembangan matematika pendidikan tinggi pada mata kuliah Kombinatorika khususnya kajian *r-dynamic vertex coloring* yang mana menggunakan teorema dalam mencari bilangan kromatik dari pewarnaan titik dinamis. Hal ini dijadikan acuan peneliti dalam mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa.
- b) Permasalahan *r-dynamic vertex coloring* dalam bentuk soal dengan level berbeda yang dibuat peneliti, sehingga memudahkan dalam mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa.
- c) Penerapan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* agar mahasiswa menemukan pewarnaan graf *r-dynamic vertex coloring*.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Problem Based Learning* (PBL)

#### 2.1.1 Pengertian *Problem Based Learning* (PBL)

Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) merupakan sebuah strategi pembelajaran yang menggunakan masalah dunia nyata sebagai suatu konteks bagi peserta didik untuk belajar tentang cara berfikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah, serta untuk memperoleh pengetahuan dan konsep dari materi yang dipelajari. Peserta didik terlibat dalam penyelidikan untuk pemecahan suatu masalah yang bertujuan mengintegrasikan keterampilan dan konsep dari berbagai isi materi.

Yunus (2016) mendefinisikan *Problem Based Learning* (PBL) merupakan model pembelajaran yang dikembangkan untuk membantu pendidik dalam mengembangkan kemampuan berpikir dan keterampilan pemecahan masalah pada peserta didik selama mereka mempelajari materi pembelajaran. Kamdi (2007:76) juga berpendapat model *Problem Based Learning* (PBL) adalah suatu model pembelajaran yang mengajak peserta didik aktif dalam memecahkan masalah dengan menggunakan langkah-langkah metode ilmiah, dan hasilnya peserta didik dapat mempelajari pengetahuan terkait masalah tersebut serta peserta didik akan terampil untuk memecahkan masalah yang diberikan. Sedangkan Suyatno (2009:58) mendefinisikan *Problem Based Learning* (PBL) adalah suatu metode pembelajaran yang berlandaskan pada prinsip bahwa masalah bisa digunakan sebagai titik awal untuk mendapatkan atau mengintegrasikan ilmu baru.

Dari pendapat-pendapat ahli di atas, maka peneliti dapat menyimpulkan bahwa model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) adalah sebuah strategi pembelajaran yang digunakan oleh pendidik untuk mengembangkan kemampuan berpikir serta keterampilan memecahkan masalah dengan menggunakan langkah-langkah ilmiah untuk mengintegrasikan ilmu baru.

### 2.1.2 Karakteristik *Problem Based Learning* (PBL)

Hobri (2009:103) menyatakan ada beberapa karakteristik pada model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) adalah sebagai berikut:

a) Pengajuan pertanyaan atau masalah

Pembelajaran berdasarkan masalah mengorganisasikan pengajaran di sekitar pertanyaan dan masalah yang dua-duanya secara sosial penting dan secara pribadi bermakna untuk peserta didik. Mereka mengajukan situasi kehidupan nyata yang autentik, menghindari jawaban sederhana, dan memungkinkan adanya berbagai macam solusi untuk situasi itu.

b) Berfokus pada ilmu

Meskipun PBL mungkin berpusat pada materi tertentu, masalah (IPA, matematika, ilmu-ilmu sosial) yang dipilih benar-benar nyata agar dalam pemecahannya peserta didik meninjau masalah itu dari banyak materi.

c) Investigasi sebenarnya

Pembelajaran berbasis masalah ini mengharuskan peserta didik melakukan penyelidikan autentik untuk mencari penyelesaian nyata terhadap masalah nyata yang diberikan. Mereka harus menganalisis dan mengidentifikasi masalah, mengembangkan hipotesis dan membuat prediksi, mengumpulkan dan menganalisis informasi melakukan percobaan, dan membuat kesimpulan. Metode penyelidikan ini dilaksanakan tergantung pada kompleks tidaknya, sulit tidaknya permasalahan yang dipelajari peserta didik.

d) Hasil kerja peserta didik dalam bentuk *artifact* dan *exhibits*

*Artifact* adalah benda atau barang hasil kecerdasan manusia seperti perkakas, senjata, dan lain-lain; sedangkan *exhibits* adalah barang atau kemampuan yang dapat dipamerkan. Pembelajaran berbasis masalah mengharuskan siswa untuk mengonstruksi bentuk-bentuk presentasi yang dapat menjelaskan jawaban mereka. Hasilnya berupa laporan, model fisik, video, atau program komputer. Jika ingin dideskripsikan peserta didik dapat merancang demonstrasi lebih lanjut tentang apa yang akan mereka pelajari

sehingga hasil tersebut dapat dipergunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah serupa dengan menyediakan alternatif lain

e) Kolaborasi

Pembelajaran berbasis masalah dikarakteristikan oleh adanya kerjasama antar peserta didik dengan yang lain dalam pasangan atau kelompok. Dengan kerjasama, akan memotivasi peserta didik untuk saling terlibat dan saling menyempurnakan dalam menyelesaikan tugas yang kompleks. Disamping itu juga meningkatkan kesempatan saling berbagi dalam memeriksa dan berdialog.

### 2.1.3 Sintaks *Problem Based Learning* (PBL)

Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) memiliki langkah utama yaitu dimulai dengan pendidik memperkenalkan peserta didik dengan suatu masalah dan diakhiri dengan penyajian dan analisis hasil kerja. Adapun langkah-langkah tersebut dijelaskan pada Tabel 2.1 (Hobri, 2009:106):

Tabel 2.1 Sintaks *Problem Based Learning* (PBL)

Fase	Aktifitas Pendidik	Aktifitas Peserta Didik
Fase 1 Mengarahkan peserta didik kepada masalah	Pendidik memeriksa tujuan materi, mendeskripsikan pentingnya mempelajari materi, dan memotivasi peserta didik untuk melibatkan diri dalam aktifitas <i>problem solving</i> yang telah diarahkan	Peserta didik bertanya mengenai materi yang disampaikan dan menjawab pertanyaan yang diajukan oleh pendidik
Fase 2 Mengorganisasikan peserta didik belajar	Pendidik membantu mendefinisikan dan mengorganisasi tugas-tugas yang ada kaitannya dengan masalah nyata terkait materi tersebut	Peserta didik bertanya mengenai tugas yang diberikan pendidik dan bersikap aktif terhadap kegiatan pembelajaran
Fase 3 Membantu <i>independent</i> dan <i>group investigation</i> (penyelidikan kelompok)	Pendidik mendorong peserta didik untuk menyimpan informasi yang sesuai, melakukan eksperimen, dan mencari penjelasan-penjelasan dan jawaban-jawaban masalah	Peserta didik mengerjakan LKM secara berkelompok, mengeluarkan pendapat, berdiskusi, dan menggunakan buku paket sebagai sumber belajar

Fase	Aktifitas Pendidik	Aktifitas Peserta Didik
Fase 4 Mengembangkan dan mempresentasikan <i>artifact</i> dan <i>exhibits</i>	Pendidik membantu peserta didik dalam merencanakan dan menyiapkan <i>artifact</i> yang sesuai seperti laporan, video, dan model-model serta membantu mereka menjelaskan kepada temannya	Peserta didik berperan aktif dalam mempresentasikan hasil LKM serta bersikap toleran terhadap proses pemecahan masalah yang berbeda dan kreatif
Fase 5 Menganalisa dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Pendidik membantu peserta didik untuk merefleksi investigasi mereka dan proses yang mereka gunakan	Peserta didik menyimpulkan permasalahan

#### 2.1.4 Kelebihan dan Kelemahan *Problem Based Learning* (PBL)

Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang memiliki kelebihan maupun kelemahan yang perlu menjadi pertimbangan dalam menerapkannya. Menurut Kurniasih & Sani (2015:49) kelebihan model *Problem Based Learning* (PBL) adalah sebagai berikut:

- a) Mengembangkan pemikiran kritis dan keterampilan kreatif peserta didik
- b) Meningkatkan kemampuan memecahkan masalah para peserta didik dengan sendirinya
- c) Meningkatkan motivasi peserta didik dalam belajar
- d) Membantu peserta didik belajar untuk mentransfer pengetahuan dengan situasi serba baru
- e) Mendorong peserta didik mempunyai inisiatif untuk belajar secara mandiri
- f) Mendorong kreatifitas peserta didik dalam pengungkapan penyelidikan masalah yang telah peserta didik lakukan
- g) Terjadi pembelajaran yang bermakna
- h) Peserta didik mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan secara simultan dan mengaplikasikannya dalam konteks yang relevan
- i) Meningkatkan kemampuan berpikir kritis, menumbuhkan inisiatif peserta didik dalam bekerja, motivasi internal untuk belajar, dan dapat mengembangkan hubungan interpersonal dalam bekerja kelompok

- j) Mengembangkan minat peserta didik untuk secara terus-menerus belajar sekalipun belajar pada pendidikan formal telah berakhir.

Menurut Triyanto (2012:97) selain kelebihan, model *Problem Based Learning* (PBL) juga memiliki kelemahan adalah sebagai berikut:

- a) Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk implementasi relatif lama
- b) Persiapan pembelajaran (alat, *problem*, dan konsep) yang kompleks
- c) Sulitnya mencari *problem* yang relevan
- d) Sering terjadi *miss*-konsepsi

Untuk mengurangi kelemahan-kelemahan tersebut, yang dapat dilakukan oleh pendidik adalah dengan persiapan yang matang dan terencana terhadap apa-apa yang dibutuhkan untuk pembelajaran nanti, dengan begitu kemungkinan munculnya kekurangan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) dapat diminimalisir.

### **2.1.5 Penilaian dan Evaluasi *Problem Based Learning* (PBL)**

Tidak ada teknik penilaian khusus yang diberikan pada model *Problem Based Learning* (PBL). Hal penting bagi pendidik atau dosen adalah dapat mengumpulkan informasi-informasi yang dibutuhkan untuk penilaian secara valid dan reliabel. Teknik penilaian dan evaluasi yang dipandang cocok untuk model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) adalah penilaian kerja (Husnan, 2014:306) penilaian kerja dilakukan dalam bentuk *checklist* dan skala sikap.

Hobri (2010) berpendapat terdapat 2 model *assesment* yang dapat dikembangkan pada model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL), yaitu *authentics assesment* dan *portofolio*. *Authentics assesment* berfungsi untuk mengkondisikan peserta didik melaksanakan tugas dengan situasi kehidupan sehari-hari, sedangkan *portofolio* berfungsi untuk menilai berdasarkan kumpulan pekerjaan peserta didik dan digunakan oleh peserta didik untuk membuat refleksi tentang kemampuannya.

Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) memiliki tujuan untuk mengembangkan keterampilan sosial atau keterampilan kolaboratif peserta didik melalui aktifitas diskusi. Keterampilan tersebut berupa kerjasama, interpersonal, dan peran aktif dalam kesuksesan kelompok yang dapat dinilai melalui kegiatan

observasi. Penilaian proses pada model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) memungkinkan peserta didik menunjukkan apa yang mereka lakukan ketika berhadapan dengan masalah nyata.

## 2.2 Keterampilan Generalisasi Matematika

Generalisasi merupakan terjemahan dari kata *generalization* yang berarti perumuman. Menurut Winkel (dalam Rahman, 2004) mendefinisikan generalisasi adalah transfer belajar yang berkaitan dengan kemampuan seseorang untuk menangkap struktur pokok, pola, dan prinsip-prinsip umum. Pendapat lain Pierce (dalam Dahlan, 2004) mengatakan bahwa generalisasi merupakan proses penalaran yang dihasilkan dari pengujian contoh secukupnya menuju sebuah kesimpulan mengenai semua atau beberapa contoh. Sedangkan Soekardijo (2003) menjelaskan bahwa generalisasi adalah proses penalaran kesimpulan dari suatu pernyataan yang bersifat umum dari asumsi-asumsi berbentuk proporsi matematik. Dari pendapat-pendapat tersebut maka dapat disimpulkan bahwa keterampilan generalisasi matematis adalah kemampuan penalaran seseorang dalam menyimpulkan suatu pernyataan berupa struktur pokok, pola, dan prinsip-prinsip lain yang bersifat umum.

Menurut Mason (2010) ada 4 tahap dalam keterampilan generalisasi, yaitu:

a) *Perseption of generality*

Pada tahap ini peserta didik baru sampai pada tahap mengenalkan suatu aturan atau pola. Pada tahap ini peserta didik juga telah mampu mempersepsi atau mengidentifikasi pola. Selain itu juga telah mengetahui bahwa masalah yang disajikan dapat diselesaikan menggunakan aturan atau pola.

b) *Expression of generality*

Pada tahap ini peserta didik telah mampu menggunakan hasil identifikasi pola untuk menentukan struktur/data berikutnya. Pada tahap ini peserta didik juga telah mampu menguraikan sebuah aturan atau pola.

c) *Symbolic expression of generality*

Pada tahap ini peserta didik telah mampu menghasilkan sebuah aturan dan pola umum serta mampu memformulasikan keumuman secara numerik ataupun verbal.

d) *Manipulation of generality*

Pada tahap ini peserta didik telah mampu menggunakan hasil generalisasi untuk menyelesaikan masalah dan telah mampu menerapkan aturan pola dari persoalan.

Berdasarkan tahapan-tahapan di atas, maka indikator keterampilan generalisasi matematis adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Indikator Keterampilan Generalisasi Matematis

<b>Indikator</b>	<b>Sub-Indikator</b>
<i>Perception of generality</i>	a. Mahasiswa mampu mengenal sebuah graf b. Mahasiswa mampu memberi notasi pada graf
<i>Expression of generality</i>	a. Mahasiswa mampu menentukan kardinalitas pada graf b. Mahasiswa mampu memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf
<i>Symbolic expression of generality</i>	a. Mahasiswa mampu memberikan label titik atau pewarnaan sebuah graf
<i>Manipulation of generality</i>	a. Mahasiswa mampu menemukan bilangan kromatik sebuah graf

### 2.3 Pewarnaan *r*-Dynamic Vertex Coloring

Pewarnaan merupakan kegiatan memberi warna pada sebuah objek. Dalam teori graf, pewarnaan graf merupakan suatu bentuk pelabelan graf, yaitu dengan memberi warna pada elemen graf yang akan dijadikan subjek dalam suatu penelitian. Pewarnaan graf adalah memberikan warna pada objek tertentu pada graf. Objek tersebut dapat berupa titik, sisi, maupun wilayah. Pewarnaan titik maupun pewarnaan sisi pada graf merupakan salah satu topik dalam teori graf yang kaya dengan aplikasi.

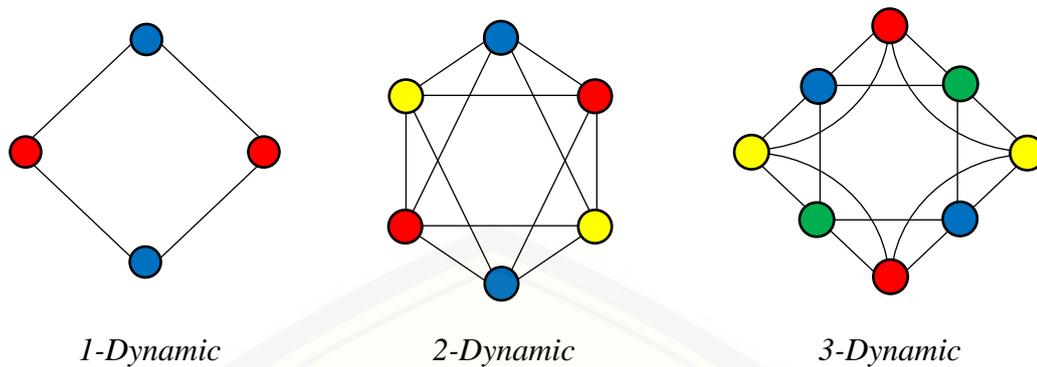
Pewarnaan titik pada graf  $G$  merupakan pemberian warna pada titik-titik graf  $G$  satu warna untuk setiap titik, sehingga titik-titik yang bertetangga diwarnai dengan warna yang berbeda. Pewarnaan titik dianggap sebagai fungsi  $c; V(G) \rightarrow$

$\{1, 2, 3, \dots, k\}$  sedemikian hingga  $c(u) \neq c(v)$  jika  $u$  dan  $v$  merupakan dua titik yang bertetangga.

Suatu graf  $G$  disebut  $k$ -colorable jika dibutuhkan  $k$  warna untuk memberikan pewarnaan pada graf  $G$ , dimana  $k$  merupakan bilangan bulat positif. Nilai minimum untuk  $k$  yang dibutuhkan pada pewarnaan graf  $G$  disebut bilangan kromatik pada  $G$ .  $P_w$  merupakan pengembangan dari pewarnaan  $k$ -warna dinamis yang diperkenalkan oleh Alishashi pada tahun 2007.

Definisi mengenai pewarnaan titik  $r$ -dinamis sebagai berikut. Misalkan  $G = (V, E)$  adalah graf yang sederhana, terhubung, dan graf yang tak berarah dengan himpunan titik  $V$  dan himpunan sisi  $E$  dan  $d(v)$  adalah derajat dari setiap  $v \in V(G)$ . Derajat maksimum dan derajat minimum  $G$  dilambangkan dengan  $\Delta(G)$  dan  $\delta(G)$ . Dengan  $k$  warna pada graf  $G$ , kita memetakan  $c: V(G) \Rightarrow S$ , dimana  $|S| = k$  sehingga setiap dua titik yang bertetangga memiliki warna yang berbeda. Sebuah  $r$ -dinamis dengan  $k$  warna pada graf  $G$  sehingga  $|c(N(v))| \geq \min\{r, d(v)\}$  untuk setiap titik  $v$  di  $V(G)$  dimana  $N(v)$  adalah lingkungan  $v$  dan  $c(S) = \{c(v): v \in S\}$  untuk setiap titik bagian dari  $S$  (Jahanbekam, et al. 2016). Bilangan kromatik  $r$ -dinamis dituliskan dengan  $\chi_r(G)$  adalah nilai minimum  $k$  sehingga graf  $G$  memiliki  $r$ -dinamis dengan  $k$ -warna.

Sebuah  $k$ -pewarnaan titik dikatakan pewarnaan titik dinamis jika untuk setiap titik  $v \in V(G)$  dengan  $d(v) \geq 2$ . Titik yang saling bertetangga mempunyai dua warna yang berbeda. Jumlah warna  $r$ -dinamis dari graf  $G$  dinotasikan  $\chi_r(G)$  merupakan warna minimum  $k$  pada graf  $G$ . Jumlah berwarna 1-Dynamic pada graf  $G$  adalah nilai warna yang diperkenalkan sebagai *Chromatic Number* dan dinotasikan  $\chi_d(G)$  dan untuk jumlah *Dynamic*  $\geq 2$  pada graf  $G$  adalah nilai warna yang diperkenalkan sebagai *r-Dynamic Chromatic Number*. Berikut contoh gambar pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada graf.

Gambar 2.1 Contoh  $r$ -Dynamic Vertex Coloring

## 2.4 Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang dimaksud dalam penelitian ini adalah Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) dan tes hasil belajar.

### 2.4.1 Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) dapat diartikan sama halnya dengan Lembar Kerja Siswa (LKS). Lembar Kerja Siswa (LKS) adalah sumber belajar penunjang yang memiliki fungsi untuk meningkatkan pemahaman peserta didik tentang materi yang harus dikuasai. Dahar (2011:110) mendefinisikan LKS merupakan lembar kegiatan yang berisikan informasi dan instruksi dari guru atau dosen kepada siswa agar dapat mengerjakan suatu aktifitas belajar secara mandiri melalui praktik atau penerapan hasil belajar untuk mencapai tujuan pembelajaran. Sedangkan Triyanto (2012) berpendapat bahwa LKS merupakan panduan siswa yang digunakan untuk kegiatan penyelidikan atau pemecahan masalah. LKS ini nantinya akan memudahkan guru dalam menyampaikan materi pembelajaran dan mengefektifkan waktu, serta akan menimbulkan interaksi antara guru dengan siswa dalam proses pembelajaran. Dari uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa Lembar Kerja Siswa (LKS) adalah panduan siswa yang berisi informasi dan instruksi sebagai penunjang dalam penguasaan suatu materi untuk meningkatkan pemahaman guna mencapai tujuan pembelajaran.

Adapun komponen-komponen LKS meliputi judul eksperimen, teori singkat tentang materi, alat dan bahan, prosedur eksperimen, data pengamatan, dan pertanyaan serta kesimpulan untuk bahan diskusi (Triyanto, 2012). Pendapat lain menyebutkan LKS memiliki enam unsur utama, yaitu judul, petunjuk belajar,

kompetensi dasar atau materi pokok, informasi pendukung, tugas atau langkah kerja, dan penilaian (Prastowo, 2015). Namun pada dasarnya LKS memiliki fungsi yang sama yaitu sebagai bahan ajar yang dapat mengembangkan keterampilan proses belajar yang mempermudah guru atau dosen dalam menyampaikan suatu materi dan sebagai bahan ajar yang dapat meningkatkan minat atau motivasi belajar peserta didik.

#### **2.4.2 Pretest Posttest**

Soal pretest dan posttest tergolong sebagai tes hasil belajar yang merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui hasil belajar peserta didik. Tes hasil belajar berfungsi untuk melihat perkembangan yang telah dicapai oleh peserta didik dalam kegiatan pembelajaran. Menurut Sudjana (2011:22) hasil belajar adalah kemampuan-kemampuan yang dimiliki siswa setelah ia menerima pengalaman belajarnya. Sedangkan Abdurrahman (dalam Jihad dan Haris, 2012:14) mendefinisikan hasil belajar adalah kemampuan yang diperoleh anak setelah melalui kegiatan belajar. Dari pendapat di atas, maka dapat disimpulkan bahwa tes hasil belajar adalah butir tes atau soal yang digunakan untuk mengetahui kemampuan peserta didik setelah melakukan kegiatan pembelajaran.

Menurut Joni (1986:4) secara umum tes hasil belajar memiliki 2 macam fungsi, yaitu:

- a) Sebagai alat pengukur peserta didik

Dalam hal ini tes berfungsi mengukur tingkat perkembangan atau kemajuan yang telah dicapai oleh peserta didik setelah menempuh proses belajar mengajar dalam jangka waktu tertentu.

- b) Sebagai alat pengukur keberhasilan proses pengajaran

Melalui tes tersebut maka akan dapat diketahui sudah seberapa jauh program pengajaran yang telah ditentukan dapat tercapai.

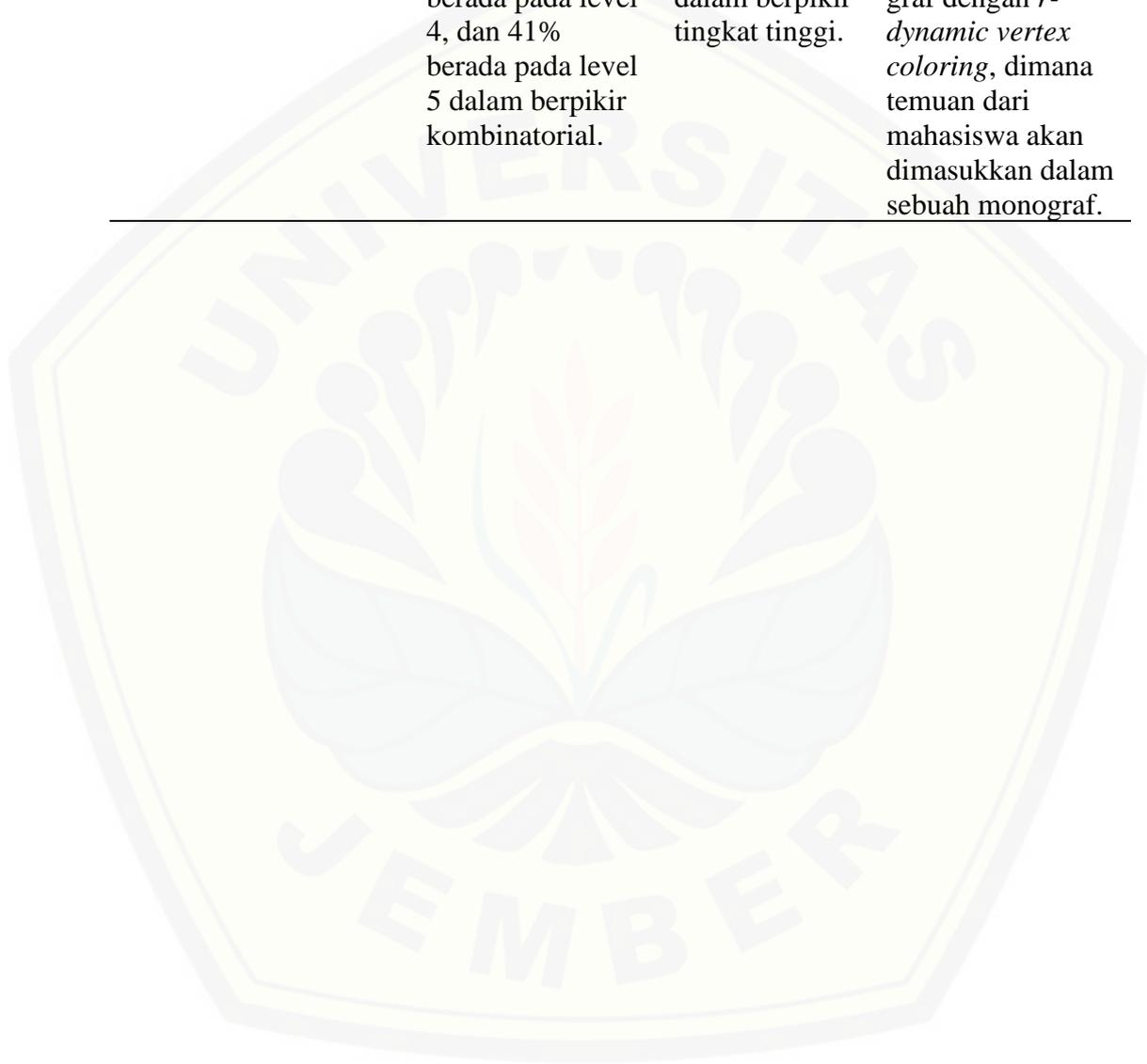
#### **2.5 Penelitian Terdahulu**

Berikut akan disajikan beberapa artikel atau jurnal yang membahas mengenai *Problem Based Learning* (PBL) serta perbandingannya dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu terkait *Problem Based Learning* (PBL)

No	Penelitian Terdahulu			Penelitian Sekarang
	Aspek Pembeda	Brian Juned Septory	Moh. Abdul Qohar	Lelita Oktafianti Harjito
1.	Pelajaran/Materi	<i>r-dynamic vertex coloring</i>	Lingkaran	<i>r-dynamic vertex coloring</i>
2.	Judul	Analisis Kemampuan Kombinatorial Mahasiswa dalam Menyelesaikan Kajian <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i> dan Penerapan <i>Problem Based Learning</i> (PBL) Untuk meningkatkan Kemampuan Berpikir Kombinatorialnya	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model <i>Problem Based Learning</i> untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan <i>Problem Based Learning</i> dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Generalisasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>
3.	Variabel Penelitian	Model PBL, kemampuan kombinatorial	Model PBL, keterampilan berpikir tingkat tinggi	Model PBL, keterampilan generalisasi
4.	Subjek Penelitian	Mahasiswa Pendidikan Matematika, Universitas Jember berjumlah 44 mahasiswa	Siswa Mts Al-Amiriyyah Blokagung, Banyuwangi berjumlah 26 siswa	Mahasiswa Pendidikan Matematika, Universitas Jember berjumlah 32 mahasiswa
5.	Metode Penelitian	<i>Mixed Method</i>	<i>Research and Development</i>	<i>Mixed Method</i>
6.	Hasil Penelitian	Adanya peningkatan hasil belajar mahasiswa dan kemampuan berpikir kombinatorial. Hasil menunjukkan tidak ada	Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memiliki kualitas valid, praktis, dan efektif. Hasil menunjukkan 32,14%	Nantinya penelitian akan menghasilkan perangkat pembelajaran yang dikembangkan dapat memenuhi kualitas valid, praktis, dan efektif. Kemudian

No	Aspek Pembeda	Brian Juned Septory	Moh. Abdul Qohar	Lelita Oktafianti Harjito
		mahasiswa pada level 1, 9% berada pada level 2, 18% berada pada level 3, 32% berada pada level 4, dan 41% berada pada level 5 dalam berpikir kombinatorial.	termasuk kategori baik dan 60,71% termasuk kategori cukup dalam berpikir tingkat tinggi.	penerapan metode PBL nantinya didapatkan sebuah hasil temuan mahasiswa berupa graf dengan <i>r-dynamic vertex coloring</i> , dimana temuan dari mahasiswa akan dimasukkan dalam sebuah monograf.



## BAB 3. METODE PENELITIAN

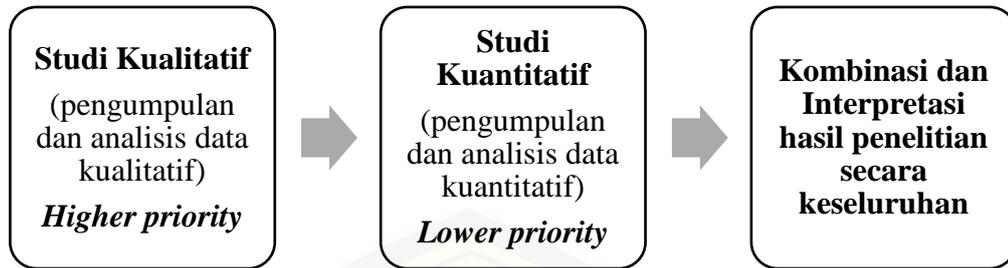
### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode campuran (*mixed method*). Metode campuran merupakan metode penelitian yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif (Sugiono, 2017). Dengan penggabungan tersebut maka dapat melengkapi kelemahan dalam metode kualitatif dan metode kuantitatif. Jenis penelitian ini melibatkan asumsi-asumsi filosofis, aplikasi pendekatan kualitatif dan kuantitatif, serta pencampuran (*mixing*) kedua pendekatan tersebut dalam suatu penelitian.

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *Sequential Exploratory Design* yang merupakan penelitian kombinasi dengan pengumpulan dan analisis data kualitatif pada tahap pertama, sedangkan pada tahap kedua diikuti dengan pengumpulan data dan analisis data kuantitatif untuk membuat kesimpulan hasil penelitian pada tahap pertama.

Ciri khas desain *sequential* adalah peneliti mengkombinasikan pendekatan kuantitatif dan kualitatif dalam penelitiannya secara bertahap (berurutan). *Sequential design* terdiri atas 3 macam, yaitu *sequential exploratory design*, *sequential explanatory design*, dan *sequential transformative design*. Berdasarkan pengertian dari berbagai macam desain tersebut maka peneliti memutuskan menggunakan *sequential exploratory design* dalam penelitian ini.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan perangkat pembelajaran yang berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan menghasilkan produk perangkat pembelajaran berupa Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), Rencana Pembelajaran (RP), *pretest posttest*, dan monograf. Tujuan lain yaitu untuk mengetahui pengaruh penerapan *Problem Based Learning* (PBL) terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa.



Gambar 3.1 Desain *Sequential Exploratory* (Creswell, 2015)

### 3.2 Definisi Operasional

Untuk menghindari terjadinya salah persepsi beberapa istilah dalam penelitian ini, maka perlu adanya definisi operasional. Penelitian ini memuat 3 variabel, sebagai berikut:

- a. *Problem Based Learning* (PBL) adalah strategi pembelajaran yang digunakan oleh pendidik untuk mengembangkan kemampuan berpikir serta keterampilan memecahkan masalah dengan menggunakan langkah-langkah ilmiah untuk mengintegrasikan ilmu baru. Model pembelajaran ini menggunakan masalah dunia nyata sebagai suatu konteks bagi peserta didik untuk belajar tentang cara berfikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah, serta untuk memperoleh pengetahuan dan konsep dari materi yang dipelajari.
- b. Keterampilan generalisasi matematis adalah kemampuan penalaran seseorang dalam menyimpulkan suatu pernyataan berupa struktur pokok, pola, dan prinsip-prinsip lain yang bersifat umum. Ada 4 tahapan dalam keterampilan generalisasi matematis, yaitu: (1) *perception of generality* mahasiswa mampu mengenalkan suatu aturan atau pola dan mampu mengidentifikasinya; (2) *expression of generality* mahasiswa mampu menggunakan hasil identifikasi pola untuk menentukan struktur/data berikutnya; (3) *symbolic expression of generality* mahasiswa mampu menghasilkan sebuah aturan dan pola umum serta mampu memformulasikan keumuman secara numerik ataupun verbal; (4) *manipulation of generality* mahasiswa mampu menggunakan hasil

generalisasi untuk menyelesaikan masalah dan telah mampu menerapkan aturan pola dari persoalan.

- c. Materi *r-dynamic vertex coloring* merupakan konsep lanjutan dari materi *vertex coloring*. Konsep pewarnaan titik yang diberikan selalu dinamis yang berawal dari pewarnaan minimal hingga optimal dari suatu graf. Lai dan Montgomery (2012) menyatakan bahwa suatu  $k$ -pewarnaan titik dikatakan pewarnaan titik dinamis jika untuk setiap titik  $v \in V(G)$  dengan  $d(v) \geq 2$ . Titik yang saling bertetangga memiliki dua warna yang berbeda. Jumlah warna *r-dynamic* dari graf  $G$  dilambangkan dengan  $\chi_r(G)$  yang merupakan warna minimum  $k$  pada sebuah graf  $G$ . Jumlah berwarna *1-dynamic* pada graf  $G$  adalah nilai warna yang diperkenalkan sebagai *Chromatic Number* dan dinotasikan  $\chi_d(G)$  dan untuk jumlah *Dynamic*  $\geq 2$  pada graf  $G$  adalah nilai warna yang diperkenalkan sebagai *r-Dynamic Chromatic Number*.

### 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian yaitu di FKIP Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Jember. Waktu penelitian dilaksanakan pada tahun ajaran 2019/2020 tepatnya di semester Gasal.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan langkah yang akan disusun berdasarkan jenis penelitian yang akan dilakukan. Prosedur penelitian ini mengacu pada model pengembangan 4-D dari Thiagarajan yang terdiri atas 4 tahapan, yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Pada penelitian ini, prosedur penelitian yang dilakukan terdiri tiga tahap sesuai dengan tahapan dalam desain penelitian, yaitu: studi pendahuluan (penelitian kualitatif), analisis kemampuan berpikir metakognisi (penelitian kuantitatif), dan analisis implementasi penerapan *Problem Based Learning* (penelitian kualitatif).

#### 3.4.1 Profil Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan

Penelitian ini diawali dengan menentukan kelas pengembangan untuk kemudian melakukan analisis hasil belajar mahasiswa pada materi graf. Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mengetahui profil hasil belajar mahasiswa

di kelas pengembangan yaitu: 1) dokumentasi nilai hasil belajar mahasiswa pada materi graf; 2) observasi dilakukan dengan mengelompokkan hasil pekerjaan mahasiswa berdasarkan kriteria sangat tinggi, tinggi, sedang, cukup, dan rendah. Setelah itu data tersebut sebagai acuan atau dasar akan dilakukannya penelitian mengenai pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* dan pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa menyelesaikan masalah kajian *r-dynamic vertex coloring*.

### 3.4.2 Tahap Pengembangan Perangkat

#### a) Tahap pendefinisian (*define*)

Hobri (2010:12) menyatakan tahap pendefinisian adalah studi pendahuluan yang bertujuan untuk menyusun rancangan awal dan menetapkan hal-hal dibutuhkan dalam pembelajaran dengan menganalisis batasan dan tujuan dari suatu materi yang disampaikan. Terdapat 4 langkah pada tahapan ini, yaitu:

#### 1. Analisis awal-akhir

Langkah ini memiliki tujuan memunculkan dan menetapkan masalah yang ada dalam kegiatan pembelajaran. Pada langkah ini peneliti melakukan telaah kurikulum serta teori yang sesuai dengan tuntutan jaman sehingga diperoleh deskripsi pembelajaran yang dianggap sesuai dengan berbagai tuntutan yang ada. Berdasarkan analisis tersebut maka peneliti memilih kajian *r-dynamic vertex coloring* dengan menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Penelitian ini dilakukan di FKIP Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Jember dengan menggunakan perangkat pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* (PBL) untuk mengetahui pengaruh perangkat pembelajaran terhadap keterampilan generalisasi matematis mahasiswa.

#### 2. Analisis mahasiswa

Langkah ini bertujuan untuk melakukan telaah pada karakteristik mahasiswa misalnya kemampuan, usia, dan motivasi terhadap materi yang telah dipilih. Tujuannya agar peneliti memiliki pertimbangan

terkait dengan kemampuan, pengalaman, dan ciri dari mahasiswa secara individu maupun kelompok. Berdasarkan analisis tersebut maka perangkat pembelajaran yang dikembangkan berbasis model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Penelitian ini menggunakan subyek mahasiswa S1 di FKIP Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Jember yang menempuh mata kuliah Kombinatorika.

3. Analisis konsep

Pada langkah ini dilakukan penyusunan terkait dengan sistematika konsep-konsep tentang materi yang akan dipelajari oleh mahasiswa berdasarkan analisis awal-akhir yang telah dibuat. Tujuan dari analisis ini yaitu menentukan isi dari materi yang akan disampaikan.

4. Analisis tugas dan spesifikasi pembelajaran

Pada langkah ini dilakukan identifikasi keterampilan utama yang diperlukan dalam kegiatan pembelajaran untuk memahami suatu konsep namun tetap sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Tujuannya adalah mengidentifikasi keterampilan atau tugas utama yang diperlukan mahasiswa dalam pembelajaran namun tetap sesuai dengan kurikulum yang ada. Adapun spesifikasi tujuan pembelajaran berfungsi untuk menentukan atau merumuskan tujuan pembelajaran yang akan dicapai oleh mahasiswa. Rumusan tujuan pembelajaran diperoleh dari analisis tugas dan analisis konsep. Rincian tujuan pembelajaran tersebut yang menjadi dasar dalam penyusunan tes hasil belajar dan rancangan perangkat pembelajaran.

b) Tahap perancangan (*design*)

Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat pembelajaran yang akan digunakan sehingga diperoleh contoh perangkat pembelajaran (*prototipe*). Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat pembelajaran dengan materi *r-dynamic vertex coloring* yang berbasis *Problem Based Learning* (PBL) guna mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi matematis. Terdapat empat langkah, yaitu (Hobri, 2010):

1. Penyusunan tes sebagai acuan dasar yang dalam penelitian ini berupa tes hasil belajar pada materi *r-dynamic vertex coloring*. Penyusunan tes ini didasari pada tugas dan analisis konsep yang telah dijabarkan dalam perumusan tujuan pembelajaran. Untuk menyusun tes hasil belajar maka terlebih dahulu dibuat kisi-kisi soal dan acuan penskoran. Skor yang digunakan adalah Penilaian Acuan Patokan (PAP), sebab PAP mengorientasikan tingkat kemampuan mahasiswa terhadap materi yang akan dites sehingga diperoleh skor yang menggambarkan presentase kemampuan dari mahasiswa tersebut.
  2. Pemilihan media merupakan langkah yang dilakukan untuk menentukan media yang tepat dengan materi yang telah dipilih. Proses memilih media akan disesuaikan dengan analisis tugas, analisis konsep, dan karakteristik mahasiswa secara individu maupun kelompok. Media yang tepat akan mendukung berhasilnya kegiatan pembelajaran.
  3. Pemilihan format adalah langkah berkaitan dengan pemilihan media yang bertujuan merancang isi, pemilihan strategi pembelajaran, dan sumber belajar sebagai pendukung kegiatan pembelajaran.
  4. Rancangan awal adalah seluruh rancangan perangkat pembelajaran harus dikerjakan sebelum diuji coba. Adapun perangkat pembelajaran berupa Rancangan Pembelajaran (RP), Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), *pretest posttest*, dan monograf.
- c) Tahap pengembangan (*develop*)

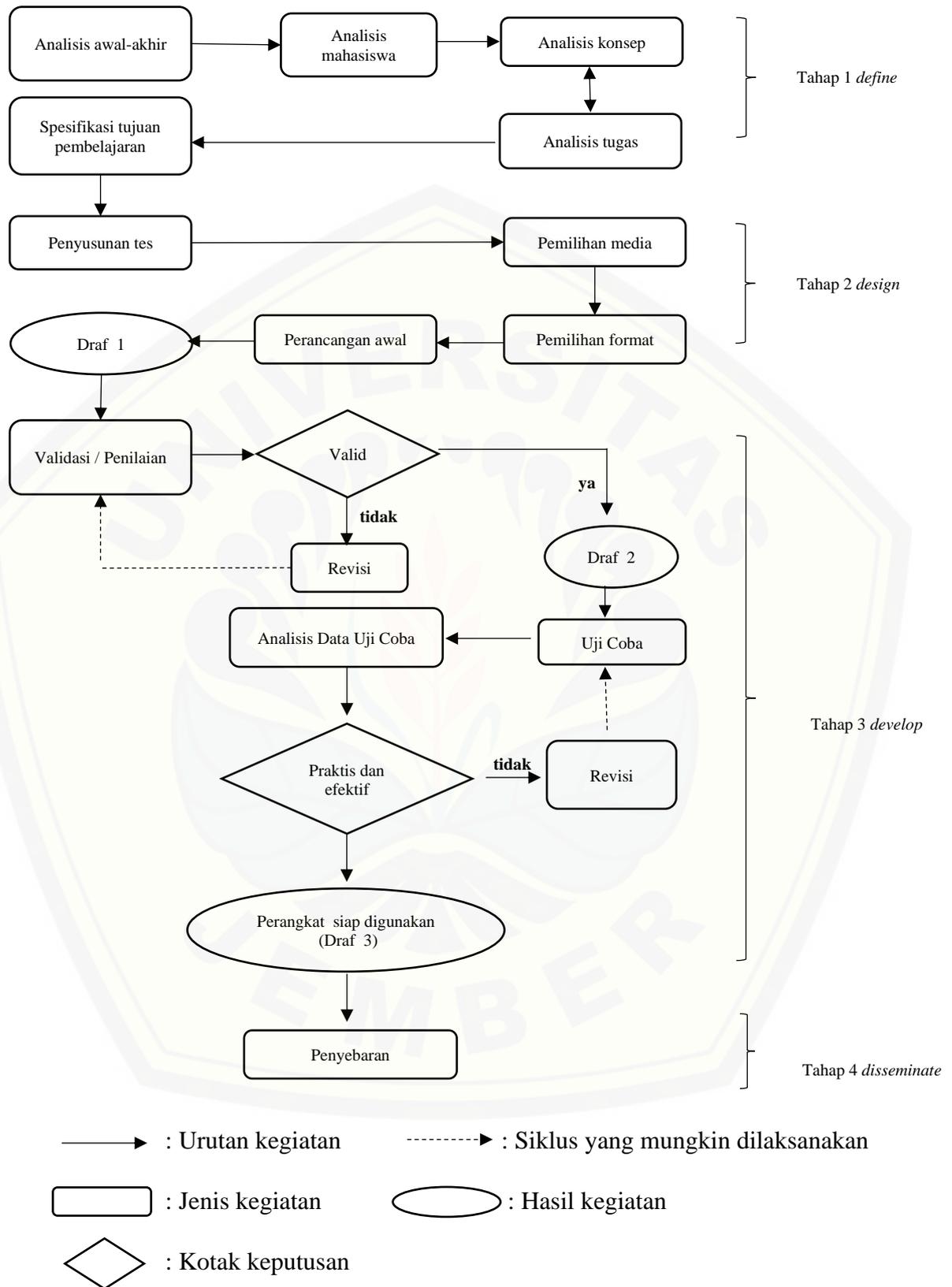
Tujuan tahap pengembangan adalah menghasilkan produk pengembangan yang dilakukan melalui dua langkah, yakni: (1) penilaian ahli atau validator (*expert appraisal*) yang diikuti dengan revisi; (2) uji coba pengembangan (*development testing*). Produk tersebut menjadi bentuk akhir perangkat pembelajaran yang telah direvisi berdasarkan masukan dari para ahli atau validator dan data hasil uji coba.

1. Penilaian para ahli atau validator adalah penilaian seorang ahli terhadap perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan pada tahap perancangan mencakup format, bahasa, ilustrasi, dan isi. Hasil dari

validasi tersebut akan direvisi agar lebih efektif dan memiliki kualitas yang lebih baik.

2. Uji coba lapangan dilakukan agar memperoleh masukan langsung terhadap perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan. Uji coba dilakukan hingga memperoleh perangkat yang konsisten dan efektif.
- d) Tahap penyebaran (*disseminate*)

Tahap ini menerapkan penggunaan perangkat pembelajaran yang sudah dikembangkan pada skala yang lebih besar misal di kelas yang belum dilakukan uji coba atau di universitas lain oleh dosen yang lain. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui keefektifan perangkat yang telah dikembangkan dalam kegiatan pembelajaran serta mendapatkan masukan, koreksi, saran, penilaian untuk menyempurnakan perangkat pembelajaran yang sudah dikembangkan.



Gambar 3.2 Alur Pengembangan Perangkat Model Thiagarajan

### 3.4.3 Tahap Pengolahan dan Analisis

Teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis data sampel dan hasilnya diberlakukan untuk populasi. Teknik statistik dimaksudkan untuk menguji hipotesis penelitian, dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Jika dalam penelitian ini berdistribusi normal dan homogen maka menggunakan uji non parametrik. Teknik statistik analisis data uji *t*-test menggunakan program SPSS.

### 3.4.4 Proses Metode Kombinasi (*mixed method*)

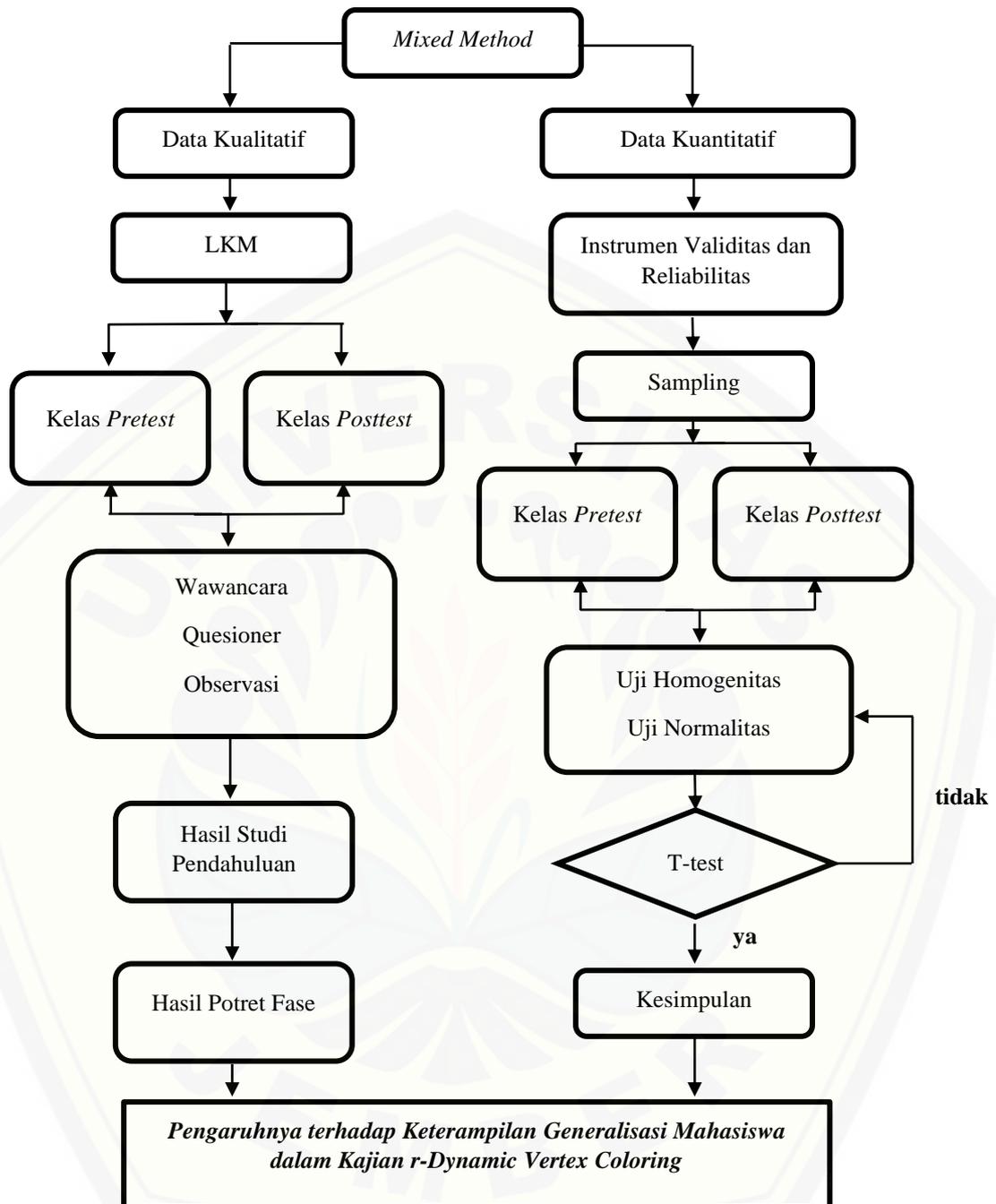
Metode yang dipilih pada penelitian ini yaitu penelitian kombinasi dengan desain *Sequential*. Metode yang digunakan *Sequential Exploratory Design* yang merupakan penelitian kombinasi dengan pengumpulan dan analisis data kualitatif pada tahap pertama sedangkan pada tahap kedua diikuti dengan pengumpulan data dan analisis dan kuantitatif untuk membuat kesimpulan hasil penelitian pada tahap pertama. Adapun tahapan pada model kombinasi ini adalah sebagai berikut:

a) Data Kualitatif

Data kualitatif penelitian ini dapat diperoleh melalui wawancara, questioner, dan observasi untuk mengetahui peningkatan keterampilan generalisasi dengan penggunaan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan. Wawancara digunakan untuk mengetahui potret fase mahasiswa. Perangkat pembelajaran yang telah divalidasi oleh validator kemudian diuji coba kepada mahasiswa pada kelas eksperimen dan hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan kelas kontrol.

b) Data kuantitatif

Data kuantitatif penelitian ini dapat diperoleh melalui uji homogenitas dan uji normalitas dari perangkat yang telah dikembangkan dan divalidasi.



Gambar 3.3 Tahapan Model Penelitian Kombinasi

### 3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data bertujuan untuk mengukur keefektifan dan kevalidan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan. Adapun data yang akan dikumpulkan sebagai berikut:

### 3.5.1 Validasi Perangkat Pembelajaran

#### a) Validasi Rencana Pembelajaran (RP)

Lembar validasi RP berisi tentang komentar dan saran dari ahli (validator) dan penilaian RP yang telah dibuat. Teknik yang dilakukan yaitu memberikan RP dan lembar validator untuk diberikan komentar dan saran.

#### b) Validasi Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM)

Lembar validasi LKM merupakan penilaian ahli tentang aspek-aspek yang terdapat pada LKM yang telah dikembangkan. Teknik yang digunakan yaitu validator memberikan penilaian pada lembar validasi agar LKM yang dikembangkan dapat diketahui kevalidannya.

#### c) Validasi *pretest* dan *posttest*

Lembar validasi pada penelitian ini meliputi lembar validasi *pretest* dan *posttest*. Teknik yang digunakan untuk mendapatkan kevalidan perangkat pembelajaran adalah meminta para ahli untuk memberikan penilaian terhadap perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan.

### 3.5.2 Pengamatan Keterlaksanaan Pembelajaran

Pada kegiatan ini pengamat akan memberikan penilaian terhadap pelaksanaan pembelajaran secara langsung di kelas. Teknik yang digunakan yaitu observer diberi lembar pengamatan untuk kemudian memberikan penilaiannya. Penilaian yang diberikan oleh observer tersebut digunakan untuk menilai kepraktisan dari perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan.

### 3.5.3 Tes Aktivitas Riset (TAR)

Data yang telah diperoleh akan dianalisis dan digunakan sebagai acuan untuk menilai tercapai tidaknya pengembangan perangkat pembelajaran yang efektif serta untuk merevisi perangkat tes hasil belajar jika terdapat hal yang perlu diperbaiki.

### 3.5.4 Angket Respon

Angket respon memiliki tujuan untuk mengetahui pendapat mahasiswa mengenai perangkat pembelajaran yang diterapkan berupa LKM berbasis *Problem Based Learning*. Data yang diperoleh dari angket respon ini digunakan untuk mengetahui kriteria keefektifan perangkat pembelajaran yang dikembangkan.

### 3.5.5 Angket Keterbacaan

Angket keterbacaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu terdiri atas komentar dan saran perbaikan terhadap Rencana Pembelajaran (RP), Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), *pretest posttest*, dan monograf yang telah dikembangkan. Hal ini bertujuan agar peneliti dapat memperbaiki kosa kata atau kalimat yang kurang dimengerti oleh mahasiswa.

### 3.5.6 Pengamatan Aktivitas Mahasiswa

Teknik pengumpulan data dari pengamatan ini adalah pengamat mengisi lembar pengamatan dan menuliskan aktivitas yang dilakukan mahasiswa selama kegiatan pembelajaran berlangsung. Data yang diperoleh berupa aktivitas yang dilakukan mahasiswa selama kegiatan pembelajaran berlangsung.

## 3.6 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. Jika data dalam penelitian ini berdistribusi normal dan homogen maka menggunakan teknik analisis data yang berupa uji *t-test*. Akan tetapi jika data tidak terdistribusi normal atau tidak homogen maka menggunakan uji non parametrik. Analisis data menggunakan program SPSS. Uji prasyarat analisis adalah sebagai berikut:

### 3.6.1 Uji Reliabilitas Perangkat

Reliabilitas berasal dari kata *reliability* berarti sejauh mana hasil suatu pengukuran dapat dipercaya (Hamzah, 2014:230). Tujuan dari uji reliabilitas adalah untuk menjamin instrumen yang digunakan konsistensi, stabil dan dependibilitas sehingga bila digunakan berulang kali akan menghasilkan data yang sama. Pengukuran tingkat reliabilitas data dalam penelitian ini menggunakan *Alpha Cronbrach*. Besarnya koefisien Alpha merupakan tolak ukur dari instrumen digunakan pedoman yang dikemukakan oleh George dan Mallery (1995) sebagai berikut :

Tabel 3.1 Kriteria Reliabilitas

Koefisien	Kriteria
$\alpha > 0.9$	Sangat Bagus
$\alpha > 0.8$	Bagus
$\alpha > 0.7$	Dapat Diterima
$\alpha > 0.6$	Diragukan
$\alpha > 0.5$	Jelek
$\alpha < 0.5$	Tidak Dapat Diterima

### 3.6.2 Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data dari masing-masing kelompok berdistribusi normal dan tidak. Pengujian normalitas ini dilakukan dengan menggunakan program SPSS.

### 3.6.3 Uji Homogenitas

Arifin (2012:286) mengatakan tujuan uji homogenitas variansi adalah untuk mengetahui varians kedua sampel homogen atau tidak. Uji homogenitas varian menggunakan menggunakan program SPSS.

## 3.7 Analisis Data

Hobri (2010) mengatakan teknik analisis data yang diperoleh dapat dijabarkan sebagai berikut:

### 3.7.1 Validasi Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang dikembangkan pada penelitian ini adalah Rencana Pembelajaran (RP), Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), dan *pretest posttest* yang divalidasi oleh dua validator yaitu dosen pendidikan matematika. Adapun langkah-langkah dalam penentuan nilai rata-rata total aspek kevalidan perangkat pembelajaran adalah sebagai berikut:

- Melakukan rekapitulasi data penilaian kevalidan ke dalam tabel yang meliputi: aspek ( $A_i$ ), indikator ( $I_i$ ), dan nilai ( $V_i$ ) untuk masing-masing indikator.
- Menentukan rata-rata nilai validasi dari semua validator untuk setiap indikator dengan rumus:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n V_{ji} \text{ (data validator ke } - j \text{ terhadap indikator ke } - i)}{n \text{ (banyaknya validator)}}$$

- c) Menentukan rerata nilai untuk setiap aspek dengan rumus

$$A_i (\text{rerata nilai untuk aspek ke } - i) \\ = \frac{\sum_{i=1}^m V_{ij} (\text{rerata nilai indikator } i \text{ ke } j)}{m (\text{banyak indikator})}$$

- d) Menentukan nilai  $V_a$  atau nilai rata-rata total dari rerata nilai untuk semua aspek dengan rumus:

$$V_a = \frac{\sum_{i=1}^n A_i (\text{rerata nilai untuk aspek ke } - i)}{n (\text{banyak aspek})}$$

Keterangan:

$V_a$  = nilai rerata total untuk setiap aspek

Selanjutnya nilai  $V_a$  atau nilai rata-rata total ini dirujuk pada interval penentuan kriteria kevalidan pada tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Kriteria Kevalidan Perangkat Pembelajaran

Nilai $V_a$	Interpretasi
$1,00 \leq V_a < 1,75$	Tidak Valid
$1,75 \leq V_a < 2,50$	Kurang Valid
$2,50 \leq V_a < 3,25$	Cukup Valid
$3,25 \leq V_a < 4,00$	Valid
$V_a = 4,00$	Sangat Valid

(Hobri, 2010:52)

Keterangan:

$V_a$  adalah nilai penentuan kevalidan

### 3.7.2 Uji Hipotesis *t*-test

Uji *paired sample t-test* dalam penelitian ini menggunakan program SPSS dengan memasukkan data *pre-test* dan *post test* kelas yang digunakan eksperimen. Hipotesis dirumuskan dalam bentuk pasangan hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ).

$H_0$  : nilai rata – rata pretest/posttest tidak ada perbedaan

$H_1$  : nilai rata – rata pretest/posttest ada perbedaan

Dengan kriteria pengujian terima  $H_0$  jika nilai signifikansi atau nilai probabilitas  $> 0.05$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  jika nilai signifikansi atau nilai probabilitas  $< 0.05$ , maka  $H_0$  ditolak.

### 3.7.3 Kepraktisan Perangkat Pembelajaran

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. Cahyati (2016) menyatakan data yang dihasilkan dari observasi aktivitas dosen dianalisis menggunakan beberapa langkah sebagai berikut:

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

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

- c) Membuat kesimpulan dari hasil analisis observasi aktivitas dosen. Kesimpulan analisis data disesuaikan dengan kriteria presentase rata-rata hasil observasi sehingga dapat disajikan pada Tabel 3.3 :

Tabel 3.3 Kriteria Data Hasil Observasi Aktivitas Dosen

Skor	Kesimpulan
$90\% \leq \text{Skor Rata-rata} \leq 100\%$	Sangat baik
$80\% \leq \text{Skor Rata-rata} \leq 89\%$	Baik
$70\% \leq \text{Skor Rata-rata} \leq 79\%$	Cukup
$40\% \leq \text{Skor Rata-rata} \leq 69\%$	Kurang
$0\% \leq \text{Skor Rata-rata} \leq 39\%$	Sangat Kurang

Diadaptasi dari Cahyanti (2016)

### 3.7.4 Keefektifan Perangkat Pembelajaran

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

- a) Analisis Data Hasil Belajar

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 75
3. Menghitung banyaknya mahasiswa yang telah tuntas
4. Menentukan ketuntasan klasikal

- Jika  $\geq 75\%$  dari jumlah mahasiswa keseluruhan telah tuntas, maka dikategorikan telah tuntas secara klasikal.
- Jika  $< 75\%$  dari jumlah siswa keseluruhan telah tuntas, maka dikategorikan tidak tuntas secara klasikal.

b) Analisis Data Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa

Hasil observasi berupa aktivitas mahasiswa selama kegiatan pembelajaran.

Sehingga 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 sebagai berikut :

Tabel 3.4 Kriteria Analisis Hasil Observasi

<b>Skor</b>	<b>Kesimpulan</b>
$1 \leq Ps \leq 1,4$	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

Diadaptasi dari Cahyanti (2016)

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan diuraikan tentang proses dan hasil dari penerapan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi pada materi *r-dynamic vertex coloring*. Penyajian data berupa profil hasil belajar kelas pengembangan, proses pengembangan perangkat pembelajaran, hasil pengembangan perangkat pembelajaran, pengaruh penerapan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning*, profil keterampilan generalisasi, potret fase, dan monograf pada materi *r-dynamic vertex coloring*.

### 4.1. Profil Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan

Langkah awal yang dilakukan sebelum mengembangkan perangkat pembelajaran adalah menentukan kelas pengembangan. Setelah kelas pengembangan ditentukan, dilakukan koordinasi dengan dosen pengampu mata kuliah guna memperoleh izin penelitian di kelas dosen tersebut. Langkah selanjutnya adalah mengembangkan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning*.

Penelitian awal ini dilakukan di Universitas Bondowoso pada program studi S1 Pendidikan Matematika semester 3 mata kuliah Matematika Diskrit. Pada tahap awal, peneliti menganalisis profil hasil belajar mahasiswa berdasarkan hasil dokumentasi nilai dari dosen pengampu mata kuliah. Hasil dokumentasi nilai 30 mahasiswa pada kelas pengembangan dibagi berdasarkan interval sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Belajar Mahasiswa pada Kelas Pengembangan

Skor Hasil Belajar Mahasiswa	Kategori	Keterangan
$90 \leq skor \leq 100$	Sangat Tinggi	3 Mahasiswa
$75 \leq skor \leq 90$	Tinggi	14 Mahasiswa
$60 \leq skor \leq 75$	Sedang	11 Mahasiswa
$40 \leq skor \leq 60$	Cukup	2 Mahasiswa
$0 \leq skor \leq 40$	Rendah	0 Mahasiswa

Berdasarkan hasil belajar mahasiswa pada Tabel 4.1, di kelas pengembangan ditemukan bahwa 3 mahasiswa berada pada kategori sangat tinggi, 14 mahasiswa berada pada kategori tinggi, 11 mahasiswa berada pada kategori

sedang, 2 mahasiswa berada pada kategori cukup, dan 0 mahasiswa atau tidak ada mahasiswa yang berada pada kategori rendah. Hasil belajar mahasiswa pada kelas pengembangan selanjutnya digambarkan dalam bentuk *diagram pie* sebagai berikut:

#### Presentase Profil Kelas Pengembangan

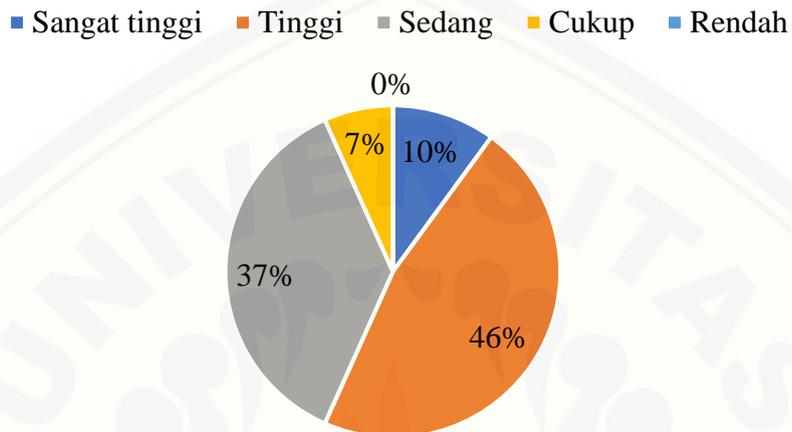


Diagram 4.1 Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan

Berdasarkan data hasil belajar mahasiswa pada kelas pengembangan di atas, maka perlu dilakukan pengembangan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa pada kajian *r-dynamic vertex coloring*.

#### 4.2. Proses Pengembangan Perangkat Pembelajaran

Proses pengembangan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* berguna untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa pada kajian *r-dynamic vertex coloring*. Pada penelitian ini mengacu pada model Thiagarajan yang terdiri dari empat tahapan yaitu: pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Proses pengembangan perangkat yang dilakukan adalah validasi dan uji keefektifan perangkat pembelajaran yang dikembangkan.

##### 4.2.1. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian merupakan tahap awal tentang kegiatan menganalisis tujuan dan batasan materi untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan-

kebutuhan pembelajaran. Tahap ini terdiri dari 5 langkah, antara lain sebagai berikut:

1) Analisis Awal-Akhir (*front-end analysis*)

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 *r-dynamic vertex coloring*, mahasiswa merasa kesulitan. Kesulitan-kesulitan ini menjadi penyebab proses belajar terhambat. Analisis awal ini berguna untuk memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep atau kehidupan sehari-hari. Sehingga, mahasiswa lebih mudah memahami konsep serta mampu menyelesaikan masalah secara aktif.

Materi *r-dynamic vertex coloring* ini dapat dijadikan referensi nantinya oleh mahasiswa sebagai tugas akhir karena materi ini sangat menarik dan tidak mudah bagi mahasiswa yang tidak sungguh-sungguh dalam belajarnya untuk mengerjakan atau menyelesaikan masalah ini. Jadi yang dapat menyelesaikan konsep tersebut haruslah mahasiswa yang mampu berperan aktif dan dapat melatih keterampilan generalisasinya. Mahasiswa kelas Kombinatorika merupakan kelas mahasiswa dengan nilai semester yang baik sehingga mereka dapat lebih mudah memahami konsep *r-dynamic vertex coloring* ini. Model pembelajaran yang digunakan adalah *Problem Based Learning*, dimana model ini cocok digunakan untuk melatih keterampilan generalisasi mahasiswa karena pada metode ini mahasiswa nantinya dituntut untuk menemukan graf baru serta menentukan *r-dynamic vertex coloring*nya.

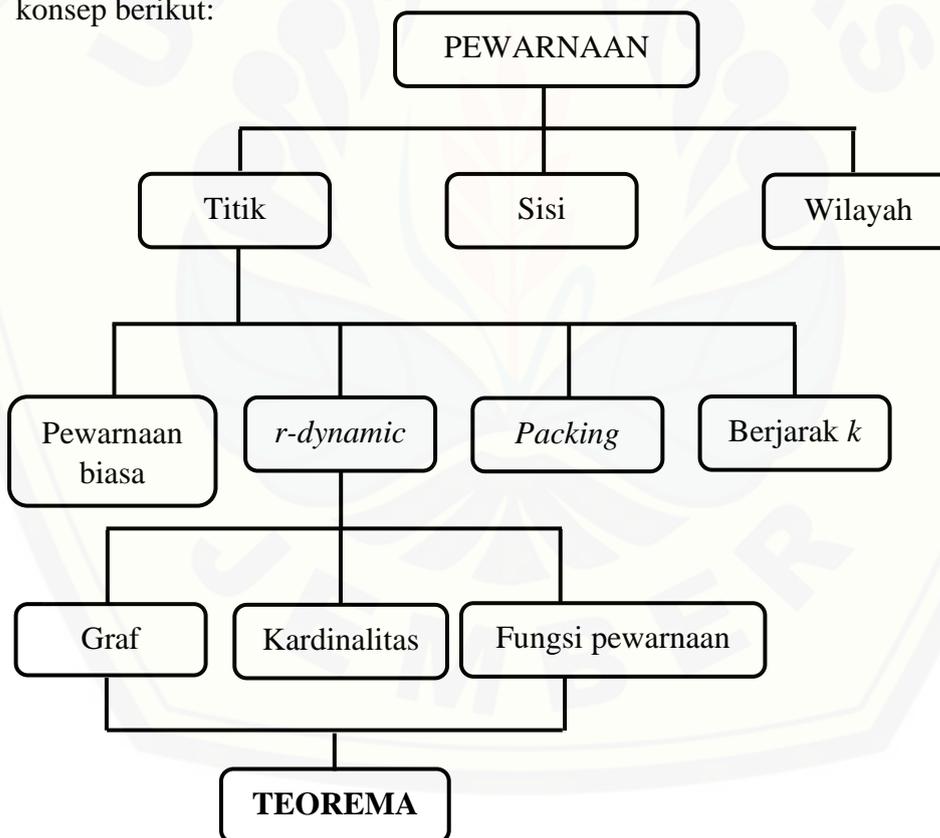
2) Analisis Mahasiswa (*learner analysis*)

Analisis mahasiswa dilakukan untuk memperoleh data mengenai karakteristik mahasiswa S1 Pendidikan Matematika semester 3 pada kelas Kombinatorika. Pembelajaran ini berpusat pada mahasiswa untuk melatih keterampilan generalisasi dalam memahami dan menyelesaikan permasalahan tentang *r-dynamic vertex coloring* pada penyelesaian soal. Pada pembelajaran ini mahasiswa tidak hanya bekerja secara individual, melainkan mampu juga bekerja sama dengan kelompok masing-masing. Pada saat mahasiswa bekerja 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 akan diketahui mana mahasiswa yang aktif dan mana mahasiswa yang pasif. Mahasiswa kelas Kombinatorika sudah termasuk mahasiswa yang mempunyai kemampuan yang baik, sehingga sangat mudah untuk membuat mereka memahami konsep *r-dynamic vertex coloring*.

### 3) Analisis Konsep (*concept analysis*)

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



Gambar 4.1 Peta Konsep Materi *r-Dynamic Vertex Coloring*

### 4) Analisis Tugas dan Spesifikasi Tujuan Pembelajaran

Berdasarkan analisis materi pada materi *r-dynamic vertex coloring*, maka tugas atau kemampuan akhir yang harus dimiliki mahasiswa setelah mempelajari

materi tersebut yaitu mampu mengembangkan *r-dynamic vertex coloring* pada suatu graf. Berdasarkan kemampuan akhir yang diharapkan tersebut maka disusunlah indikator pencapaian hasil belajar sebagai berikut:

- a) Mahasiswa aktif mengemukakan pendapat dan bekerja sama dalam memahami konsep *r-dynamic vertex coloring*.
- b) Mahasiswa mampu membuat graf baru yang dapat dikembangkan.
- c) Mahasiswa mampu menentukan kardinalitas suatu graf.
- d) Mahasiswa mampu menentukan *r-dynamic vertex coloring* suatu graf.
- e) Mahasiswa mampu menentukan fungsi pewarnaannya.

#### 4.2.2. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan ini adalah bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran sehingga dihasilkan design awal (*prototype*) perangkat pembelajaran. Tahap ini dimulai setelah ditetapkan tujuan pembelajaran. Tahap perencanaan ini terdiri atas empat tahap, yaitu: (a) penyusunan tes (*criterion-test construction*), (b) pemilihan media (*media selection*) yang sesuai dengan karakteristik materi dan tujuan pembelajaran, (c) pemilihan format (*format selection*) yakni mengkaji format-format bahan ajar yang ada dan menetapkan format bahan ajar olimpiade yang akan dikembangkan, dan (d) membuat rancangan awal (*initial design*) sesuai format yang dipilih. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

##### 1) Penyusunan Tes

Penyusunan tes ini dilakukan sebagai alat ukur terjadinya perubahan tingkah laku mahasiswa setelah selesai pembelajaran baik untuk mengukur kemampuan mahasiswa dalam memahami maupun menerapkan materi yang disampaikan, juga digunakan untuk mengukur keterampilan generalisasi mahasiswa. Tes yang dimaksud yaitu *pretest posttest* berbentuk uraian pada kajian *r-dynamic vertex coloring*. Tes yang digunakan untuk mendukung pembelajaran yang menggunakan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning*.

##### 2) Pemilihan Media

Pemilihan media dilakukan berdasarkan hasil analisis tugas, analisis materi, karakteristik mahasiswa, dan sarana yang tersedia di Universitas Jember. Media

pembelajaran yang digunakan untuk mendukung pembelajaran yang menggunakan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* ini antara lain RP (Rencana Pembelajaran), LKM (Lembar Kerja Mahasiswa), *pretest posttest*, dan monograf. RP, LKM, *pretest posttest*, dan monograf yang digunakan disusun berdasarkan sintaks model pembelajaran *Problem Based Learning* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa. Adapun media lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) *Microsoft office word 2010* sebagai media untuk merancang tampilan dan isi.
- b) *Microsoft office publisher* sebagai media untuk merancang tampilan dan isi LKM.

### 3) 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, model pembelajaran *Problem Based Learning* dengan tahapan-tahapan pembelajaran yang ada didalamnya dipilih sebagai format pembelajaran. Hal tersebut karena penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran *Problem Based Learning* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa pada materi *r-dynamic vertex coloring*.

### 4) Rancangan Awal

Rancangan awal adalah rancangan seluruh kegiatan yang harus dilakukan sebelum uji coba dilaksanakan. Adapun rancangan awal perangkat pembelajaran yang akan melibatkan aktivitas mahasiswa dan peneliti yaitu RP (Rencana Pembelajaran), LKM (Lembar Kerja Mahasiswa), *pretest posttest*, instrumen penelitian lembar observasi aktivitas mahasiswa, lembar observasi aktivitas dosen, angket respon mahasiswa, dan lembar validasi perangkat pembelajaran.

#### **4.2.3. Tahap Pengembangan (*Develop*)**

Tujuan pada tahap ini adalah untuk menghasilkan *draft*. 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 dengan mahasiswa sebagai subjek penelitian. Hasil kegiatan tahap pengembangan ini dijelaskan sebagai berikut:

a) Penilaian 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) dan ahli dalam bidang pembelajaran.

Berdasarkan hasil penilaian validator didapatkan penilaian secara umum sebagai berikut:

1) Validator 1

- a) Rencana Pembelajaran (RP) tergolong dapat digunakan dengan sedikit revisi.
- b) Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) tergolong dapat digunakan dengan sedikit revisi.
- c) *Pretest* dan *posttest* tergolong dapat digunakan dengan sedikit revisi.

2) Validator 2

- a) Rencana Pembelajaran (RP) tergolong dapat digunakan dengan sedikit revisi.
- b) Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) tergolong dapat digunakan dengan sedikit revisi.
- c) *Pretest* dan *posttest* tergolong dapat digunakan dengan sedikit revisi.

Komentar dan saran yang diberikan oleh validator akan digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk merevisi perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan sehingga menghasilkan perangkat pembelajaran yang layak untuk digunakan dalam kegiatan belajar mengajar.

b) Uji Coba

Setelah perangkat pembelajaran divalidasi oleh validator dan direvisi oleh peneliti, maka tahapan selanjutnya adalah dilakukan uji coba pada subjek

penelitian. Adapun subjek penelitian ini yaitu mahasiswa S1 Pendidikan Matematika semester 3 yang menempuh mata kuliah Kombinatorika kelas A dan kelas B masing-masing 32 mahasiswa dan 30 mahasiswa. Kegiatan pembelajaran akan dilakukan sebanyak 2 kali pertemuan dan 1 kali pertemuan untuk melakukan *posttest*. Kegiatan pembelajaran pada kelas A sebagai kelas eksperimen akan menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning*. Pada saat proses pembelajaran ditemani oleh observer tujuannya mengamati aktivitas dosen dan aktivitas mahasiswa. Hasil uji coba lapangan akan digunakan untuk menilai kepraktisan dan keefektifan perangkat pembelajaran. Hasil uji coba lapangan nantinya akan menjadi dasar apakah perangkat pembelajaran masih perlu direvisi untuk kemudian akan diuji cobakan lagi atau perangkat pembelajaran sudah final. Adapun jadwal pelaksanaan uji coba lapangan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Jadwal Pelaksanaan Uji Coba

Pertemuan ke-	Waktu	Materi
1	Senin, 14 Oktober 2019	<i>Pretest</i> , Kardinalitas, konsep dasar <i>r-dynamic vertex coloring</i> , menghitung <i>r-dynamic vertex coloring</i> pada graf sederhana
2	Senin, 21 Oktober 2019	Menghitung <i>r-dynamic vertex coloring</i> pada graf lain, menemukan graf baru
3	Senin, 28 Oktober 2019	<i>Posttest</i>

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 *Problem 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 melaksanakan *pretest* pada kedua kelas

tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan mengamati dan mengerjakan LKM sesuai dengan petunjuk yang ada. Kegiatan pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* serta mengerjakan LKM hanya dilakukan oleh kelas A dikarenakan dalam penelitian ini kelas tersebut digunakan sebagai kelas eksperimen. Sementara kelas B dilakukan pembelajaran dengan model pembelajaran konvensional dan juga tidak menggunakan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan. Pada akhir kegiatan pembelajaran, kedua kelas tersebut akan dilakukan *posttest* untuk mengukur kemampuan akhir mahasiswa.

Pertemuan pertama pada Senin, 14 Oktober 2019 dilakukan pengamatan terhadap kepraktisan perangkat pembelajaran yang meliputi aktivitas dosen dan aktivitas mahasiswa. Peneliti juga bertindak sebagai dosen menerapkan pembelajaran dengan model *Problem Based Learning*. Kegiatan pembelajaran dibuka dengan do'a 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 dan *r-dynamic vertex coloring* dari suatu graf.

Peneliti yang bertindak sebagai dosen membagi mahasiswa menjadi beberapa kelompok yang terdiri dari 2-3 mahasiswa, setelah itu peneliti melakukan *pretest* sebelum pembelajaran dimulai. Kemudian peneliti memberikan penjelasan singkat terkait materi *r-dynamic vertex coloring* serta menunjukkan hasil penelitian terdahulu pada mahasiswa. Langkah selanjutnya adalah 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. Kemudian mahasiswa mulai menyelesaikan permasalahan utama yaitu *r-dynamic vertex coloring* pada graf sederhana. Awalnya mahasiswa mengalami kesulitan untuk memahami konsep *r-dynamic vertex coloring* dikarenakan berbeda dengan konsep pewarnaan graf yang lain. Mahasiswa mencoba memahami secara mandiri materi tersebut dengan cara menyelesaikan

riset yang ada dalam LKM. Setelah menyelesaikan permasalahan yang diberikan, maka dosen bersama mahasiswa melakukan diskusi sekaligus pembahasan. Pada pertemuan pertama ini mahasiswa menyelesaikan masalah sampai kegiatan 1. Masing-masing kelompok melakukan presentasi jawabannya di depan kelas dan kelompok lain diperbolehkan untuk bertanya, menyanggah, atau memberikan jawaban yang berbeda. Namun jika mahasiswa mengalami kesulitan, maka dosen membantu kelompok tersebut.

Kegiatan pembelajaran kedua dilaksanakan pada Senin, 21 Oktober 2019. Tidak ada perbedaan yang signifikan dengan pertemuan pertama, hanya saja pertemuan kedua membahas tentang *r-dynamic vertex coloring* pada graf lain dan menuntut mahasiswa untuk menemukan *r-dynamic vertex coloring* dari suatu graf namun harus berbeda satu dengan yang lainnya.

Pertemuan ketiga dilaksanakan pada Senin, 28 Oktober 2019. Kegiatan pembelajaran yang dilakukan yaitu *posttest* untuk mengukur kemampuan akhir mahasiswa. Soal *posttest* berupa uraian yang menuntut mahasiswa untuk menemukan *r-dynamic vertex coloring* dari suatu graf.

Setelah menerapkan pengembangan perangkat pembelajaran *Problem 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, *posttest*, 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.

#### **4.2.4. Tahap Penyebaran (*Disseminate*)**

Tahap ini menerapkan penggunaan perangkat pembelajaran yang sudah dikembangkan pada skala yang lebih besar, misalkan di kelas yang belum dilakukan uji coba atau di universitas lain oleh dosen lain. Hal tersebut bertujuan mengetahui keefektifan perangkat yang telah dikembangkan dalam kegiatan pembelajaran serta mendapatkan masukan, koreksi, saran, dan 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:

- a) Memberikan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan pada lembaga tempat uji coba perangkat.
- b) Menyerahkan pada Laboratorium Matematika Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Jember.
- c) Menyerahkan pada perpustakaan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- d) Menyerahkan pada perpustakaan Universitas Jember.

#### **4.3. Hasil Pengembangan Perangkat Pembelajaran**

Perangkat pembelajaran yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu Rencana Pembelajaran (RP), Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), *pretest posttest*, dan monograf pada kajian *r-dynamic vertex coloring*. Pengembangan perangkat pembelajaran pada penelitian ini mengacu pada pengembangan perangkat model *four-D*.

##### **4.3.1. Hasil Pengembangan setelah 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 RP, LKM, dan *pretest posttest*.

##### **a) Hasil Validasi Rencana Pembelajaran (RP)**

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 4.3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Validasi Rencana Pembelajaran (RP)

No.	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata	Presentase
		1	2		
<b>Perumusan tujuan pembelajaran</b>					
I.	1. Kejelasan kompetensi akhir yang diharapkan	4	4	4	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek I</i>			4	
	<i>Skor rata-rata aspek I</i>			4	100%
<b>Isi SAP</b>					
II.	1. Sistematisa penyusunan SAP	4	4	4	
	2. Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model <i>Problem Based Learning</i>	3	3	3	
	3. Kejelasan tahap-tahap kegiatan pembelajaran dari pendahuluan, inti, dan penutup	4	4	4	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek II</i>			11	
	<i>Skor rata-rata aspek II</i>			3,67	83%
<b>Bahasa dan tulisan</b>					
III	1. Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)	4	4	4	
	2. Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif dan mudah dipahami	4	4	4	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek III</i>			8	
<i>Skor rata-rata aspek III</i>			4	100%	
<b>Waktu</b>					
IV.	1. Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan	3	4	3,5	
	2. Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran	3	4	3,5	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek IV</i>			7	
<i>Skor rata-rata aspek IV</i>			3,5	87,5%	
<i>Skor Total Keseluruhan Aspek</i>			15,7	370,3%	
<i>Skor Rata-rata Keseluruhan Aspek</i>			3,79	92,625%	

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 presentase sebesar 100%.

- 2) Aspek isi dari rencana pembelajaran mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,67 dan presentase sebesar 83%.
- 3) Aspek bahasa dan tulisan dalam rencana pembelajaran mendapatkan skor rata-rata sebesar 4 dan presentase sebesar 100%.
- 4) Aspek isi dari rencana pembelajaran mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,5 dan presentase sebesar 87,5%.

Berdasarkan keempat aspek tersebut maka diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi rencana pembelajaran sebesar 3,79 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 92,625%. Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang  $3 \leq V_r \leq 4$  maka rencana pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid. Adapun catatan yang diberikan validator mengenai rencana pembelajaran yang telah dikembangkan antara lain:

- 1) Validator 1 memberikan saran, “Judul Satuan Acara Perkuliahan (SAP) diganti dengan Rencana Pembelajaran (RP)”.
- 2) Validator 2 memberikan saran, “Perbaiki tata tulis”.

Berikut Tabel 4.4 merupakan hasil revisi rencana pembelajaran berdasarkan saran/masukan validator:

Tabel 4.4 Revisi Rencana Pembelajaran

No.	Komponen yang direvisi	Sebelum revisi	Sesudah revisi
1.	Judul	<p style="text-align: center;">SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)</p> 	<p style="text-align: center;">RENCANA PEMBELAJARAN (RP)</p> 

No.	Komponen yang direvisi	Sebelum revisi	Sesudah revisi																												
2.	Kegiatan pembelajaran	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kepala Pembelajaran</th> <th>Kegiatan Bawa</th> <th>Kegiatan Mahasiswa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Mempaparkan tujuan pembelajaran yang menggunakan konsep pembelajaran &gt; Dynamic &gt; Fases &gt; Coloring pada saat graf</td> <td>Mengajukan dan jika perlu memunculkan tujuan pembelajaran</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Melakukan observasi terhadap bentuk materi &gt; video &gt; gambar</td> <td>Mengajukan kembali materi &gt; video &gt; gambar</td> </tr> <tr> <td>Pembelajaran</td> <td>Mengajukan bahan kajian yang akan dipaparkan tentang pembelajaran &gt; Dynamic &gt; Fases &gt; Coloring pada saat graf</td> <td>Mengajukan penjelasan dan contoh bahan kajian yang akan dipaparkan tentang pembelajaran &gt; Dynamic &gt; Fases &gt; Coloring pada saat graf</td> </tr> </tbody> </table>	Kepala Pembelajaran	Kegiatan Bawa	Kegiatan Mahasiswa		Mempaparkan tujuan pembelajaran yang menggunakan konsep pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring pada saat graf	Mengajukan dan jika perlu memunculkan tujuan pembelajaran		Melakukan observasi terhadap bentuk materi > video > gambar	Mengajukan kembali materi > video > gambar	Pembelajaran	Mengajukan bahan kajian yang akan dipaparkan tentang pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring pada saat graf	Mengajukan penjelasan dan contoh bahan kajian yang akan dipaparkan tentang pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring pada saat graf	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">KEGIATAN PEMBELAJARAN</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Kegiatan Pembelajaran</th> </tr> <tr> <th colspan="2">I. Explanation of rules in a paradigmatic way (Penjelasan aturan dalam cara yang paradigmatik)</th> </tr> <tr> <th>Dosen</th> <th>Mahasiswa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Menyebutkan dengan video dan foto</td> <td>1. Menyebutkan video dan foto</td> </tr> <tr> <td>2. Mempaparkan tujuan pembelajaran yang menggunakan konsep dasar graf (kardus/kardus)</td> <td>2. Menjelaskan dan jika perlu memunculkan tujuan pembelajaran</td> </tr> <tr> <td>3. Membangkitkan pengetahuan mahasiswa dengan memberikan contoh-contoh pembelajaran graf dalam kehidupan sehari-hari</td> <td>3. Menjelaskan contoh yang diberikan dosen</td> </tr> <tr> <td>4. Menjelaskan bahan kajian yang akan dipaparkan tentang kardus/kardus graf dan pembelajaran &gt; Dynamic &gt; Fases &gt; Coloring</td> <td>4. Mengajukan penjelasan dan contoh bahan kajian yang akan dipaparkan tentang kardus/kardus graf dan pembelajaran &gt; Dynamic &gt; Fases &gt; Coloring</td> </tr> </tbody> </table>	KEGIATAN PEMBELAJARAN		Kegiatan Pembelajaran		I. Explanation of rules in a paradigmatic way (Penjelasan aturan dalam cara yang paradigmatik)		Dosen	Mahasiswa	1. Menyebutkan dengan video dan foto	1. Menyebutkan video dan foto	2. Mempaparkan tujuan pembelajaran yang menggunakan konsep dasar graf (kardus/kardus)	2. Menjelaskan dan jika perlu memunculkan tujuan pembelajaran	3. Membangkitkan pengetahuan mahasiswa dengan memberikan contoh-contoh pembelajaran graf dalam kehidupan sehari-hari	3. Menjelaskan contoh yang diberikan dosen	4. Menjelaskan bahan kajian yang akan dipaparkan tentang kardus/kardus graf dan pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring	4. Mengajukan penjelasan dan contoh bahan kajian yang akan dipaparkan tentang kardus/kardus graf dan pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring
Kepala Pembelajaran	Kegiatan Bawa	Kegiatan Mahasiswa																													
	Mempaparkan tujuan pembelajaran yang menggunakan konsep pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring pada saat graf	Mengajukan dan jika perlu memunculkan tujuan pembelajaran																													
	Melakukan observasi terhadap bentuk materi > video > gambar	Mengajukan kembali materi > video > gambar																													
Pembelajaran	Mengajukan bahan kajian yang akan dipaparkan tentang pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring pada saat graf	Mengajukan penjelasan dan contoh bahan kajian yang akan dipaparkan tentang pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring pada saat graf																													
KEGIATAN PEMBELAJARAN																															
Kegiatan Pembelajaran																															
I. Explanation of rules in a paradigmatic way (Penjelasan aturan dalam cara yang paradigmatik)																															
Dosen	Mahasiswa																														
1. Menyebutkan dengan video dan foto	1. Menyebutkan video dan foto																														
2. Mempaparkan tujuan pembelajaran yang menggunakan konsep dasar graf (kardus/kardus)	2. Menjelaskan dan jika perlu memunculkan tujuan pembelajaran																														
3. Membangkitkan pengetahuan mahasiswa dengan memberikan contoh-contoh pembelajaran graf dalam kehidupan sehari-hari	3. Menjelaskan contoh yang diberikan dosen																														
4. Menjelaskan bahan kajian yang akan dipaparkan tentang kardus/kardus graf dan pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring	4. Mengajukan penjelasan dan contoh bahan kajian yang akan dipaparkan tentang kardus/kardus graf dan pembelajaran > Dynamic > Fases > Coloring																														

b) Hasil Validasi 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.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Validasi LKM

No.	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata	Presentase
		1	2		
<b>Format</b>					
I.	1. LKM memiliki petunjuk pengerjaan yang jelas	4	4	4	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek I</i>			4	
	<i>Skor rata-rata aspek I</i>			4	100%
<b>Bahasa</b>					
II.	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 kaidah Bahasa Indonesia yang baku (EYD)	4	4	4	
	4. Bahasa yang digunakan komunikatif	3	4	3,5	
<i>Jumlah skor rata-rata aspek II</i>			15		
<i>Skor rata-rata aspek II</i>			3,75	93,75%	

<b>Isi</b>				
	1. LKM disajikan secara sistematis	4	4	4
	2. Kebenaran konsep / materi	4	4	4
	3. Masalah yang diangkat sesuai kognisi mahasiswa	4	4	4
<b>III</b>	4. Setiap kegiatan mempunyai tujuan yang jelas	3	4	3,5
	5. Kegiatan yang disajikan untuk menganalisis keterampilan generalisasi mahasiswa	3	4	3,5
	6. Penyajian LKM menarik	3	4	3,5
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek III</i>			<b>22,5</b>
	<i>Skor rata-rata aspek III</i>		<b>3,75</b>	<b>93,75%</b>
	<i>Skor Total Keseluruhan Aspek</i>		<b>11,5</b>	<b>287,5%</b>
	<i>Skor Rata-rata Keseluruhan Aspek</i>		<b>3,833</b>	<b>95,83%</b>

Berdasarkan hasil rekapitulasi validasi terhadap LKM yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 diuraikan sebagai berikut:

- 1) Aspek format dari LKM mendapatkan skor rata-rata sebesar 4 dan presentase sebesar 100%.
- 2) Aspek bahasa dan tulisan dalam LKM mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,75 dan presentase sebesar 93,75%.
- 3) Aspek isi dari LKM mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,75 dan presentase sebesar 93,75%.

Berdasarkan ketiga aspek tersebut maka diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi LKM sebesar 3,833 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 95,83%. Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang  $3 \leq V_r \leq 4$  maka LKM yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid.

Adapun catatan yang diberikan oleh validator mengenai LKM yang telah dikembangkan antara lain:

- 1) Validator 1 memberikan saran, “Sebaiknya pada LKM beri petunjuk langkah-langkah pengerjaan”.
- 2) Validator 2 memberikan saran, “Sebaiknya pada tabel beri contoh pengerjaan”.

Berikut Tabel 4.6 merupakan hasil LKM berdasarkan saran / masukan validator:

Tabel 4.6 Revisi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

No.	Komponen yang direvisi	Sebelum revisi	Sesudah revisi
1.	Petunjuk pengerjaan		
2.	Tabel		

c) Hasil Validasi *Pretest* dan *Posttest*

Validasi yang ditampilkan hanya *posttest* saja. Teknik validasi *posttest* yang dilakukan 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 *posttest* dari para validator pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Validasi *Posttest*

No.	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata	Presentase
		1	2		
<b>Format</b>					
I.	1. Kejelasan petunjuk mengerjakan pada <i>posttest</i>	4	4	4	
	<i>Jumlah skor rata-rata aspek I</i>			4	
	<i>Skor rata-rata aspek I</i>			4	100%
<b>Bahasa</b>					
II.	1. Kesesuaian soal tes dengan materi <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>	4	4	4	

2.	Tingkat kesulitas soal tes sesuai dengan keterampilan generalisasi mahasiswa	3	3	3
3.	Alokasi waktu sesuai dengan jumlah soal dan tingkat kesulitan soal	4	3	3,5
4.	Permasalahan pada soal tes mampu mengukur/menganalisis keterampilan generalisasi mahasiswa	3	4	3,5
<i>Jumlah skor rata-rata aspek II</i>				<b>14</b>
<i>Skor rata-rata aspek II</i>				<b>3,5    87,5%</b>
<b>Isi</b>				
1.	Soal dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan penafsiran ganda	4	4	4
<b>III</b>	2. Dirumuskan dengan mengikuti kaedah Bahasa Indonesia yang benar (EYD)	4	4	4
<i>Jumlah skor rata-rata aspek III</i>				<b>8</b>
<i>Skor rata-rata aspek III</i>				<b>4    100%</b>
<i>Skor Total Keseluruhan Aspek</i>				<b>11,5    287,5%</b>
<i>Skor Rata-rata Keseluruhan Aspek</i>				<b>3,83    95,83%</b>

Berdasarkan hasil rekapitulasi validasi terhadap *posttest* yang ditunjukkan pada Tabel 4.7 diuraikan sebagai berikut:

- 1) Aspek format dari *posttest* mendapatkan skor rata-rata sebesar 4 dan persentase sebesar 100%.
- 2) Aspek bahasa dalam *posttest* mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,5 dan persentase sebesar 87,5%.
- 3) Aspek isi dari *posttest* mendapatkan skor rata-rata sebesar 4 dan presentase sebesar 100%.

Berdasarkan ketiga aspek tersebut maka diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi *posttest* sebesar 3,83 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 95,8%. Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang  $3 \leq V_r \leq 4$  maka *posttest* yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid.

Adapun catatan yang diberikan oleh validator mengenai *posttest* yang telah dikembangkan antara lain:

- 3) Validator 1 memberikan saran, “Sebaiknya pada *posttest* gunakan graf yang berbeda dari LKM”.
- 4) Validator 2 memberikan saran, “Sebaiknya beri alokasi waktu pengerjaan”.

Berikut Tabel 4.8 merupakan hasil *posttest* berdasarkan saran / masukan validator:

Tabel 4.8 Revisi *Posttest*

No.	Komponen yang direvisi	Sebelum revisi	Sesudah revisi
1.	Graf		
2.	Alokasi waktu		

### 4.3.2. Hasil Uji Coba Perangkat Pembelajaran

#### a) Uji Kepraktisan

Kepraktisan perangkat pembelajaran diketahui melalui analisis aktivitas mahasiswa dan aktivitas dosen pada saat mengelola kegiatan pembelajaran di kelas. 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  $\geq 3$ .

1) 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 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Observasi Aktivitas Dosen

Tahap	Indikator	Skor Pertemuan Ke-		Rata-rata	Rata-rata %
		1	2		
Awal	Kegiatan awal pembelajaran	3,5	3,83	3,66	92%
Inti	Kegiatan inti pembelajaran	3,5	3,83	3,66	92%
Akhir	Kegiatan akhir pembelajaran	4	4	4	100%
Rata-rata Skor Tiap Pertemuan		3,66	3,89		
Persentase Skor Tiap Pertemuan		92%	97%		
Rata-rata Keseluruhan Skor				3,77	
Persentase Keseluruhan Rata-rata skor				94,33%	

Berdasarkan nilai indikator yang ada pada lembar observasi, maka nilai indikator dari setiap pertemuan rata-rata keseluruhan skor hasil observasi dosen yaitu 3,77 dan persentase rata-rata sebesar 94,33% yang artinya memenuhi kriteria sangat baik.

b) 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.

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 kesulitan dalam memberi pewarnaan titik pada setiap  $r$ , menemukan bilangan kromatik, dan membuat fungsi secara

umum. Selain faktor yang telah disampaikan, perbedaan kemampuan mahasiswa dalam menyerap informasi yang diberikan juga mempengaruhi hasil *posttest*.

#### 1) 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 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa

Tahap	Indikator	Skor Pertemuan Ke-		Rata-rata	Rata-rata %
		1	2		
Awal	Kegiatan awal pembelajaran	3,5	3,5	3,5	87,5%
Inti	Kegiatan inti pembelajaran	3,5	3,83	3,66	91,63%
Akhir	Kegiatan akhir pembelajaran	3,5	3,5	3,5	87,5%
Rata-rata Skor Tiap Pertemuan		3,5	3,61		
Persentase Skor Tiap Pertemuan		87,5%	90,25%		
Rata-rata Keseluruhan Skor				10,66	266,63%
Persentase Keseluruhan Rata-rata skor				3,553	88,88%

Penilaian aktivitas mahasiswa dilakukan pada 10 kelompok yang terdiri atas 2-3 mahasiswa. Berdasarkan tabel di atas maka diperoleh persentase aktivitas mahasiswa pada pertemuan pertama 87,5% dan pertemuan kedua mencapai 90,25%. Maka kriteria keaktifan mahasiswa skor rata-rata memenuhi kriteria baik.

#### 2) Hasil respon mahasiswa terhadap pembelajaran

Data hasil respon mahasiswa terhadap pembelajaran akan diambil melalui lembar angket respon mahasiswa yang diisi oleh 32 mahasiswa. Adapun hasil rekapitulasi respon mahasiswa terhadap pembelajaran ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Respon Mahasiswa terhadap Pembelajaran

No.	Aspek yang dinilai	Jumlah Jawaban		Persentase Jawaban	
		Ya	Tidak	Ya	Tidak
Apakah Anda merasa senang terhadap komponen pembelajaran berikut ini?					
1.	Materi Pembelajaran	29	3	90,6%	9,4%
	Lembar Kerja Mahasiswa	32		100%	
	Suasana Pembelajaran	30	2	93,7%	6,3%
	Cara Dosen Mengajar	27	5	84,3%	15,7%
Apakah komponen pembelajaran berikut baru?					
2.	Materi Pembelajaran	32		100%	
	Lembar Kerja Mahasiswa	31	1	96,8%	3,2%
	Suasana Pembelajaran	29	3	90,6%	9,4%
	Cara Dosen Mengajar	30	2	93,7%	6,3%
3.	Apakah Anda berminat mengikuti pembelajaran ini?	30	2	93,7%	6,3%
Apakah Anda dapat memahami dengan jelas bahasa yang digunakan pada:					
4.	Lembar Kerja Mahasiswa	29	3	90,6%	9,4%
	Lembar Soal <i>Posttest</i>	28	4	87,5%	12,5%
Apakah Anda dapat mengerti maksud setiap soal/masalah yang disajikan pada:					
5.	Lembar Kerja Mahasiswa	27	5	84,3%	15,7%
	Lembar Soal <i>Posttest</i>	29	3	90,6%	9,4%
Apakah Anda tertarik dengan penampilan (tulisan, gambar, dan letak gambar) pada:					
6.	Lembar Kerja Mahasiswa	31	1	96,8%	3,2%
	Lembar Soal <i>Posttest</i>	30	2	93,7%	6,3%
7.	Apakah Anda senang berdiskusi dengan anggota kelompok untuk menyelesaikan masalah dengan saling bertukar hasil jawaban?	31	1	96,8%	3,2%
	Rata-rata	29,69	2,31	92,73%	7,27%

Berdasarkan hasil analisis di atas, presentase rata-rata setiap pertanyaan adalah 92,73% menjawab “iya” dan 7,27% 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 produk perangkat pembelajaran yang dikembangkan telah valid dengan beberapa revisi, kemudian data yang diambil pada saat uji coba produk menunjukkan produk kriteria praktis dan efektif.

### 3) Hasil Belajar Mahasiswa

Kelas eksperimen dan kelas kontrol diterapkan pembelajaran yang berbeda. Kelas eksperimen menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning*, sedangkan kelas kontrol menggunakan model pembelajaran konvensional. Berdasarkan hasil *posttest* kedua kelas tersebut memiliki rata-rata nilai yang cukup signifikan. Pada kelas eksperimen rata-rata mencapai 86, sedangkan pada kelas kontrol 75. Berdasarkan hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa produk yang telah dikembangkan dikatakan efektif sebab mampu meningkatkan keterampilan generalisasi mahasiswa.

## 4.4. Pengaruh Penerapan *Problem Based Learning*

### 4.4.1. Analisis *Pretest*

Analisis data menggunakan statistik kuantitatif untuk menemukan perbedaan dari hasil belajar dengan model pembelajaran *Problem Based Learning*. Analisis data menggunakan aplikasi SPSS dengan data hasil belajar dari *pretest*. Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah distribusi data terdistribusi normal atau tidak. Distribusi data akan dikatakan signifikan jika nilainya lebih besar atau sama dengan 0,05. Berdasarkan Tabel 4.12 diketahui nilai signifikan dari kelas kontrol adalah  $0,053 \geq 0,05$  dan kelas eksperimen adalah  $0,085 \geq 0,05$ . Jadi ini berarti data dari kedua kelas adalah distribusi normal.

Tabel 4.12 Uji Normalitas *Pretest*

Kelompok	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest Kelas Kontrol	.159	30	.053	.962	30	.341
Kelas Eksperimen	.145	32	.085	.965	32	.374

Data pelaksanaan *pretest* di kelas eksperimen dan kelas kontrol telah ditemukan bahwa uji homogenitas pada Tabel 4.13 mendapatkan hasil sig. 0,424. Ini berarti signifikan jika lebih besar dari 0,05 (berdasarkan mean = 0,424 > 0,05), sehingga varians data *pretest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen Homogen.

Tabel 4.13 Uji Homogenitas *Pretest*

Pretest			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.648	1	60	.424

Berdasarkan Tabel 4.14 diketahui bahwa nilai rata-rata *pretest* pada kelas eksperimen adalah 63, sedangkan nilai rata-rata *pretest* pada kelas kontrol adalah 60. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelas memiliki hasil *pretest* yang relatif sama.

Tabel 4.14 Mean Hasil *Pretest*

	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pretest	Control class	30	59.8333	8.17938	1.49334
	Experimental class	32	62.8750	8.42328	1.48904

Kemudian independent sample t-test dilakukan sebagaimana tabel 4.15 secara signifikan jika nilainya sig. lebih besar dari 0,05. Nilai sig. (*2-tailed*) berdasarkan mean = 0,155 > 0,05 tidak ada perbedaan dalam nilai rata-rata *pretest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Tabel 4.15 Uji *t* Independen *Pretest*

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	95% Confidence Interval of the Difference						
				t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Pre-test	Equal variances assumed	.648	.424	-1.441	60	.155	-3.04167	2.11090	-7.26409	1.18076
	Equal variances not assumed			-1.442	59.921	.154	-3.04167	2.10887	-7.26014	1.17681

Hasil analisis data menggunakan aplikasi SPSS menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nilai rata-rata dari kelas kontrol dan kelas eksperimen. Berdasarkan hasil tersebut maka kelas kontrol dan kelas eksperimen telah memenuhi syarat untuk penelitian dan dapat dilanjutkan pada langkah berikutnya.

Penelitian awal dilakukan pada 30 mahasiswa kelas kontrol untuk mengetahui tingkat keterampilan generalisasi. Pada Diagram 4.2 ditunjukkan persentase nilai mahasiswa dari setiap indikator pada pengerjaan *pretest*, di kelas kontrol ditemukan bahwa bahwa 7% berada pada kategori *very high*, 13% berada pada kategori *high*, 23% berada pada kategori *average*, dan 57% berada pada kategori *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.

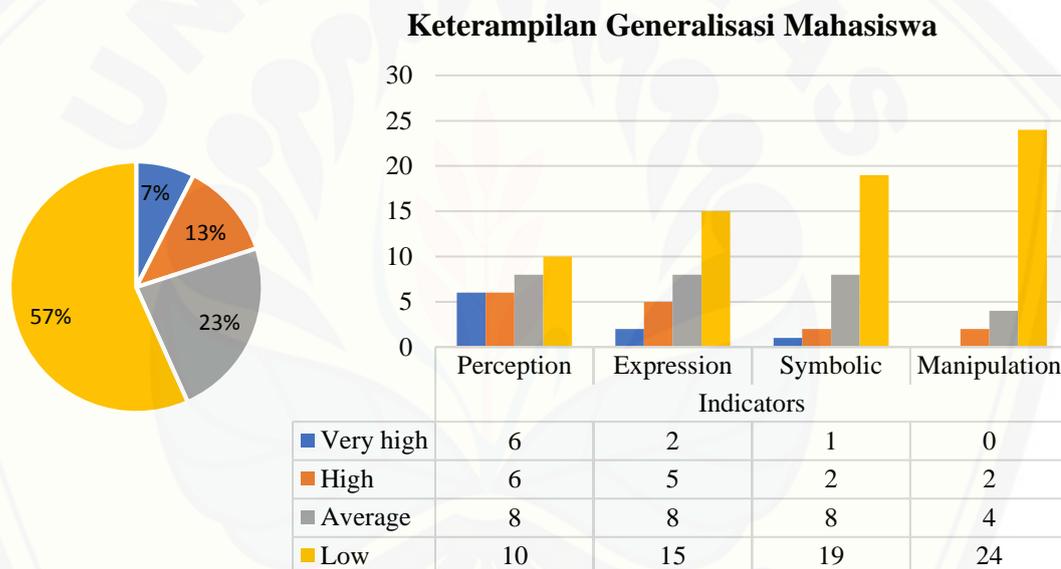


Diagram 4.2 Distribusi *Pretest* Keterampilan Generalisasi di Kelas Kontrol

Penelitian dilakukan pada 32 mahasiswa kelas eksperimen untuk mengetahui tingkat keterampilan generalisasi. Pada Diagram 4.3 ditunjukkan persentase nilai mahasiswa dari setiap indikator pada pengerjaan *pretest*, di kelas eksperimen ditemukan bahwa 7% berada pada kategori *very high*, 15% berada pada kategori *high*, 30% berada pada kategori *average*, dan 48% berada pada kategori *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.

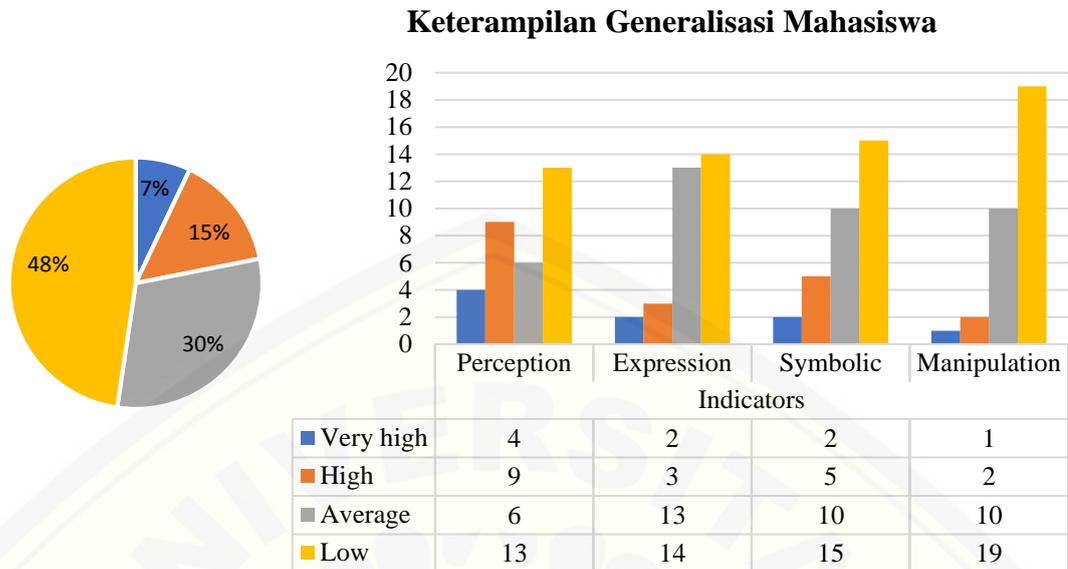


Diagram 4.3 Distribusi *Pretest* Keterampilan Generalisasi di Kelas Eksperimen

**4.4.2. Analisis *Posttest***

Analisis data menggunakan statistik kuantitatif untuk menemukan perbedaan dari hasil belajar dengan model pembelajaran *Problem Based Learning*. Analisis data menggunakan aplikasi SPSS dengan data hasil belajar dari *posttest*. Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah distribusi data terdistribusi normal atau tidak. Distribusi data akan dikatakan signifikan jika nilainya lebih besar atau sama dengan 0,05. Berdasarkan Tabel 4.16 diketahui nilai signifikan dari kelas kontrol adalah  $0,200 \geq 0,05$  dan kelas eksperimen adalah  $0,200 \geq 0,05$ . Jadi ini berarti data dari kedua kelas adalah distribusi normal.

Tabel 4.16 Uji Normalitas *Posttest*

Kelompok	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Posttest Kelas Kontrol	.070	30	.200*	.957	30	.266
Kelas Eksperimen	.120	32	.200*	.952	32	.162

Data pelaksanaan *posttest* di kelas eksperimen dan kelas kontrol telah ditemukan bahwa uji homogenitas pada Tabel 4.17 mendapatkan hasil sig. 0,424. Ini berarti signifikan jika lebih besar dari 0,05 (berdasarkan mean = 0,096 > 0,05), sehingga varians data *posttest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen Homogen.

Tabel 4.17 Uji Homogenitas *Posttest*

Posttest				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
2.856	1	60	.096	

Berdasarkan Tabel 4.18 diketahui bahwa nilai rata-rata *posttest* pada kelas eksperimen adalah 86, sedangkan nilai rata-rata *posttest* pada kelas kontrol adalah 75. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelas memiliki hasil *pretest* yang relatif sama.

Tabel 4.18 Mean Hasil *Posttest*

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	Kelas Kontrol	30	74.5000	8.80341	1.60728
	Kelas Eksperimen	32	85.6250	6.76685	1.19622

Kemudian uji *t* independen dilakukan. Pelaksanaan uji hipotesis dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui suatu keberhasilan pembelajaran yang menggunakan *Problem Based Learning*. Pada kelas eksperimen menggunakan perangkat pembelajaran dengan model pembelajaran *Problem Based Learning*.

Tabel 4.19 Uji *t* Independen *Posttest*

		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
Posttest	Equal variances assumed	2.856	.096	-5.600	60	.000	-11.12500	1.98674	-15.09906	-7.15094
	Equal variances not assumed			-5.553	54.408	.000	-11.12500	2.00357	-15.14122	-7.10878

Pada data *posttest* dilakukan uji *t* independen digunakan untuk menguji apakah data penelitian yang dilakukan saling bebas. Berdasarkan Tabel 4.19 menunjukkan Sig. (2-tailed) berdasarkan mean = 0,000 < 0,05 *H<sub>0</sub>* ditolak, artinya ada perbedaan nilai rata-rata *posttest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Hasil analisis independent sample t-test menunjukkan bahwa hasil belajar mahasiswa pada tahap *pretest* tidak berbeda dan pada tahap *posttest* memiliki analisis yang berbeda menunjukkan nilai signifikan ( $p \leq 0,05$ ) yang berarti bahwa pasca pembelajaran memiliki hasil berbeda.

Penelitian dilanjutkan dengan melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran konvensional, kemudian *posttest* dilakukan. Penelitian dilakukan pada 30 mahasiswa pada kelas kontrol untuk mengetahui tingkat keterampilan generalisasi setelah pembelajaran. Pada Diagram 4.4 ditunjukkan persentase nilai mahasiswa dari setiap indikator pada pengerjaan *posttest* di kelas kontrol ditemukan bahwa 31% berada pada kategori *very high*, 25% berada pada kategori *high*, 27% berada pada kategori *average*, dan 17% berada pada kategori *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.

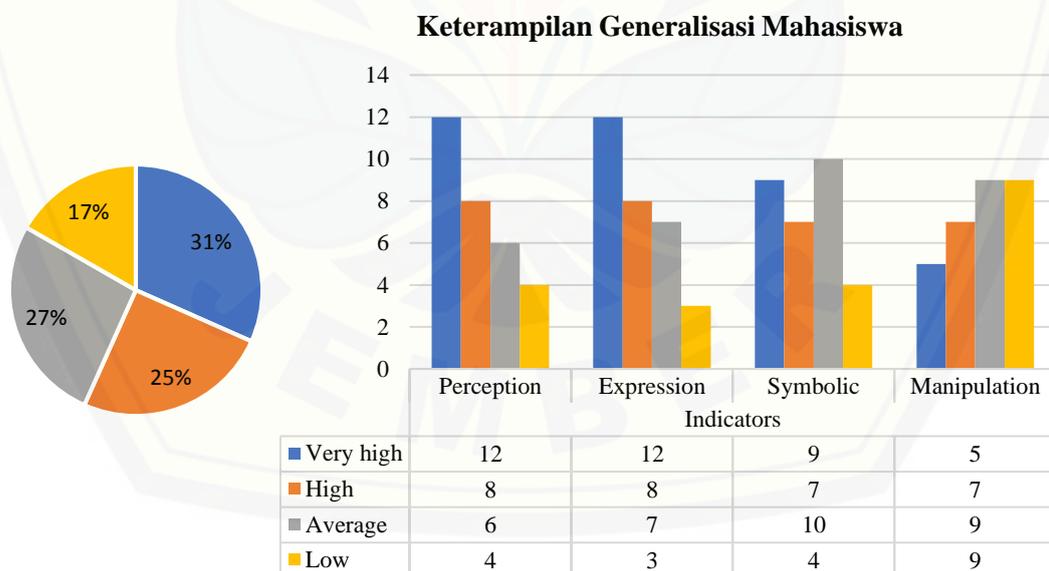


Diagram 4.4 Distribusi *Posttest* Keterampilan Generalisasi di Kelas Kontrol

Penelitian dilanjutkan dengan melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning*, kemudian *posttest* dilakukan. Penelitian dilakukan pada 32 mahasiswa pada kelas eksperimen untuk mengetahui tingkat keterampilan generalisasi setelah pembelajaran. Pada Diagram 4.5 ditunjukkan persentase nilai mahasiswa dari setiap indikator pada pengerjaan *posttest* di kelas eksperimen ditemukan bahwa 56% berada pada kategori *very high*, 23% berada pada kategori *high*, 13% berada pada kategori *average*, dan 8% berada pada kategori *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.

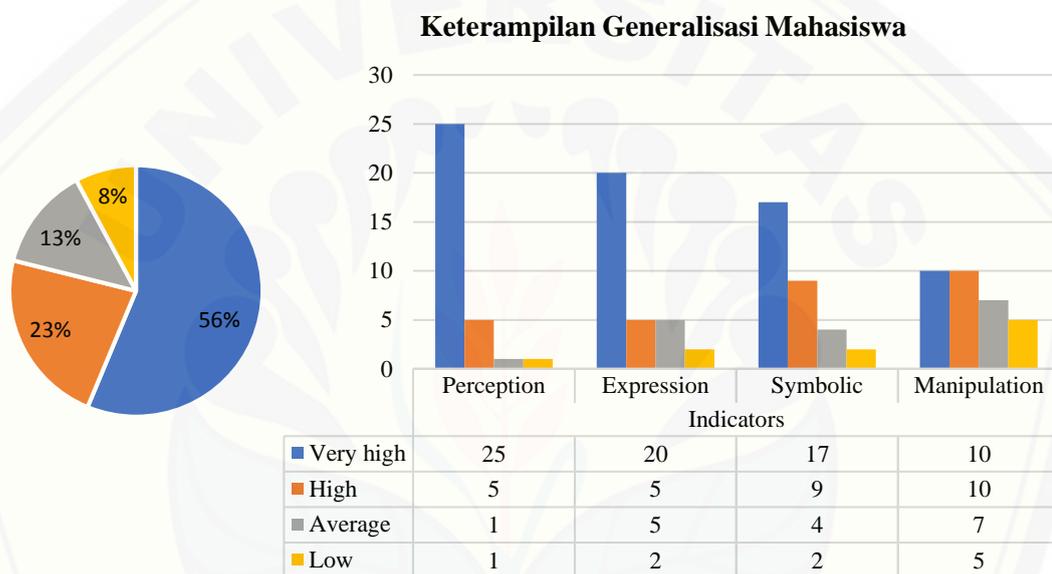


Diagram 4.5 Distribusi *Posttest* Keterampilan Generalisasi di Kelas Eksperimen

#### 4.4.3. Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilaksanakan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berdasarkan Tabel 4.19 menunjukkan Sig. (*2-tailed*) berdasarkan mean = 0,000 < 0,05. Karena signifikansi lebih dari 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa *posttest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen mempunyai varian yang sama.

Hipotesis:

$H_0$  : Tidak ada perbedaan hasil belajar mahasiswa antara kelas kontrol dengan kelas eksperimen

$H_1$  : Ada perbedaan hasil belajar mahasiswa antara kelas kontrol dengan kelas eksperimen

Dengan kriteria pengujian jika nilai signifikansi atau nilai probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima dan jika nilai signifikansi atau nilai probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak. Berdasarkan Tabel 4.19 diketahui bahwa *p-value*  $0,000 < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak yang berarti ada perbedaan hasil belajar mahasiswa antara kelas kontrol dengan kelas eksperimen. Ini menunjukkan bahwa ada pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa.

Pada hasil uji *t* independen tersebut juga menunjukkan bahwa varians dengan nilai sig. (*2-tailed*)  $0.000 < 0.05$ . Dapat disimpulkan bahwa hasil *posttest* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen ada perbedaan yang signifikan setelah diterapkan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* di dalam pembelajarannya. Kelas eksperimen rata-ratanya sebesar 85,6 sedangkan kelas kontrol memiliki rata-rata 74,5 artinya bahwa rata-rata hasil keterampilan generalisasi mahasiswa kelas eksperimen lebih tinggi dari pada rata-rata hasil keterampilan generalisasi mahasiswa kelas kontrol.

Ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* berpengaruh terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa. 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.

#### **4.4.4. Aktivitas *Problem Based Learning***

Penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* dilaksanakan pada 32 mahasiswa pada kelas eksperimen. Prediksi adanya pengaruh terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa disebabkan oleh perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* sangat logis karena hasil observasi yang dilakukan oleh para observer berdasarkan indikator pada sintaks model pembelajaran *Problem Based Learning* ditemukan bahwa pembelajaran berjalan dengan lancar sesuai dengan langkah pembelajaran meskipun ada beberapa mahasiswa yang belum begitu aktif dalam pembelajaran namun sebagian besar mahasiswa antusias dalam mengikuti pembelajaran yang berlangsung.

Keaktifan mahasiswa dalam mengikuti pembelajaran dengan model *Problem Based Learning* dapat terlihat pada aktivitas mahasiswa dalam mengerjakan permasalahan yang terdapat pada LKM yang diberikan. Berikut ini akan ditampilkan tahapan-tahapan pada LKM berdasarkan *Problem Based Learning*.

Tahapan 1 mengorientasikan peserta didik kepada masalah, peneliti menjelaskan tujuan pembelajaran dan memotivasi mahasiswa untuk terlibat dalam aktifitas pemecahan masalah yang dipilih atau ditentukan peneliti. Pada tahapan 1 mahasiswa diberi permasalahan bagaimana menuliskan kardinalitas yang meliputi titik, jumlah titik, sisi, jumlah sisi dan memberikan pewarnaan titik dinamis pada *Path graph* dengan  $n = 6$  dengan masih ada beberapa bantuan pada kegiatan tersebut. Dalam hasil aktivitas mahasiswa pada LKM mahasiswa sudah dapat menyelesaikan permasalahan yang diberikan oleh peneliti.

**Kegiatan 1** MENGEIDENTIFIKASI MASALAH

**Definisi**  
Permasalahan titik  $n$ -dinamis jika untuk setiap titik  $v \in V(G)$ ,  $|N(v)| = n$  untuk  $n \geq 1$ .

**Petujukan**

1. Amati graf
2. Beri warna pada graf
3. Beri label warna pada graf tersebut
4. Tuliskan kardinalitas
5. Longgapi tabel
6. Menentukan bilangan kardinalitas  $f(n)$

Amatilah graf di bawah ini!

**Graf Jalanan (Path Graph) dengan 6 titik**

Titik:  $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6$

Sisi:  $(v_1, v_2), (v_2, v_3), (v_3, v_4), (v_4, v_5), (v_5, v_6)$

Urutan:  $v = 1$

**Warna kardinalitas**

$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\}$        $|V| = n$

$E = \{(v_1, v_2), (v_2, v_3), \dots, (v_5, v_6)\}$        $|E| = n - 1$

$n$	$ V $	$ E $	$f(n)$	$n$	$ V $	$ E $	$f(n)$	Menyebutkan $ N(v) $ dan $ N(v') $
$n_1$	2	1	2	3	3	2	2	
$n_2$	3	2	3	4	4	3	3	
$n_3$	4	3	4	5	5	4	4	
$n_4$	5	4	5	6	6	5	5	
$n_5$	6	5	6	7	7	6	6	
$n_6$	7	6	7	8	8	7	7	

**Catatan:**  
 $f(n) = 2$  untuk  $n = 1$

Gambar 4.2 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 1 *Problem Based Learning*

Tahapan 2 mengorganisasi peserta didik untuk belajar, peneliti membantu peserta didik menentukan dan mengorganisasi tugas belajar yang berhubungan dengan masalah yang sudah diorientasikan pada tahap sebelumnya. Pada tahapan kedua mahasiswa diberikan permasalahan yang berhubungan dengan permasalahan sebelumnya yaitu bagaimana menuliskan kardinalitas yang meliputi titik, jumlah titik, sisi, jumlah sisi dan memberikan pewarnaan titik dinamis pada *Path graph* dengan  $n = 6$  namun dengan kasus yang berbeda. Dalam hasil aktivitas mahasiswa pada LKM mahasiswa sudah dapat menyelesaikan permasalahan yang diberikan oleh peneliti.

MEMBIMBING PENYELIDIKAN

Untuk  $r = 2$

P	$d(x)$	$g(N(x))$	$r$	$d(x)$	$\min\{r, d(x)\}$	Memanuli: $g(N(x)) \leq \min\{r, d(x)\}$
$x_1$	1	1	2	1	1-1=0	Ya
$x_2$	2	2	2	2	2-2=0	Ya
$x_3$	3	2	2	3	2-2=0	Ya
$x_4$	2	2	2	2	2-2=0	Ya
$x_5$	1	1	2	1	1-1=0	Ya
$x_6$	1	1	2	1	1-1=0	Ya

Dik:  
 $z(x,5) = 3$  untuk  $r = 2$

Gambar 4.3 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 2 *Problem Based Learning*

Tahapan 3 membimbing penyelidikan individual maupun kelompok. Pada tahapan 3 peneliti mendorong mahasiswa untuk mengumpulkan informasi yang sesuai dan melaksanakannya untuk mendapatkan kejelasan yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah bagaimana menuliskan kardinalitas yang meliputi titik, jumlah titik, sisi, jumlah sisi dan memberikan pewarnaan titik dinamis pada *Star graph* dengan  $n = 6$ . Dalam hasil aktivitas mahasiswa pada LKM mahasiswa sudah dapat menyelesaikan permasalahan yang diberikan oleh peneliti.

**Kegiatan 2** MENYAJIKAN DAN MENYAJIKAN HASIL

Amatilah graf di bawah ini!

Graf Bistar (Star Graf) dengan 6 titik



Warna =

Dititik  $r = 1$

$v =$        Berapa kardinalitas  
 $|E| =$         $|E| =$    
 $|V| =$         $|V| =$

$v$	$e(v)$	$ e(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ e(N(v))  \geq min\{r, d(v)\}$
$v_1$						
$v_2$						
$v_3$						
$v_4$						
$v_5$						
$v_6$						

Maka:

Gambar 4.4 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 3 *Problem Based Learning*

Tahapan 4 mengembangkan dan menyajikan masalah. Pada tahapan 4 peneliti membantu peserta didik mengembangkan dan menyajikan hasil pemecahan masalah. Peneliti memberikan permasalahan bagaimana menuliskan kardinalitas yang meliputi titik, jumlah titik, sisi, jumlah sisi dan memberikan pewarnaan titik dinamis pada *Star graph* namun dengan kasus yang berbeda. Dalam hasil aktivitas mahasiswa pada LKM mahasiswa sudah dapat menyelesaikan permasalahan yang diberikan oleh peneliti.



Dititik  $r = 2$

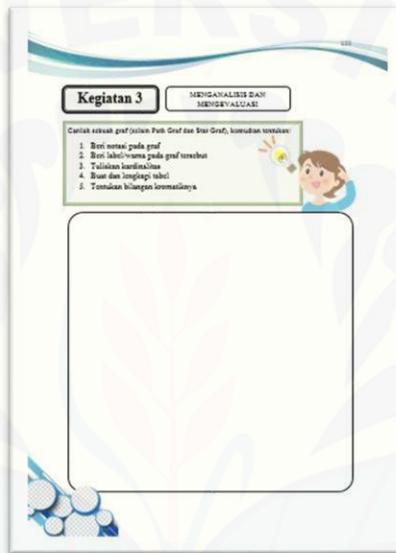
$v =$        Berapa kardinalitas  
 $|E| =$         $|E| =$    
 $|V| =$         $|V| =$

$v$	$e(v)$	$ e(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ e(N(v))  \geq min\{r, d(v)\}$
$v_1$						
$v_2$						
$v_3$						
$v_4$						
$v_5$						
$v_6$						

Maka:

Gambar 4.5 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 4 *Problem Based Learning*

Tahapan 5 menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Pada tahapan 5 peneliti membantu mahasiswa untuk melakukan evaluasi terhadap proses pemecahan masalah yang dilakukan. Peneliti memberikan latihan bagaimana menentukan kardinalitas yang meliputi titik, jumlah titik, sisi, jumlah sisi, memberikan pewarnaan titik dinamis, dan menentukan bilangan kromatik pada graf dengan syarat tidak boleh menggunakan graf yang berada pada LKM. Dalam hasil aktivitas mahasiswa pada LKM mahasiswa sudah dapat menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan graf yang tidak terdapat pada LKM.



Gambar 4.6 Aktivitas Mahasiswa pada Tahapan 5 *Problem Based Learning*

Berdasarkan penjabaran aktivitas dalam pengerjaan LKM berdasarkan *Problem Based Learning* tersebut maka mahasiswa berada pada kategori sangat aktif. Berikut adalah distribusi hasil observasi dari model pembelajaran *Problem Based Learning* yang dilaksanakan dalam kelas eksperimen dengan jumlah mahasiswa 32 orang. Berdasarkan Diagram 4.6, ditemukan bahwa 63% mahasiswa sangat aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*, 17% mahasiswa aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*, 13% mahasiswa cukup aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*, 6% mahasiswa tidak aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*, dan 1% mahasiswa sangat tidak aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*. Jadi model pembelajaran *Problem Based*

Learning dapat memberikan dampak baik dalam penyelesaian masalah *r-dynamic vertex coloring*.

**Distribusi Aktifitas Mahasiswa dalam Implementasi PBL**

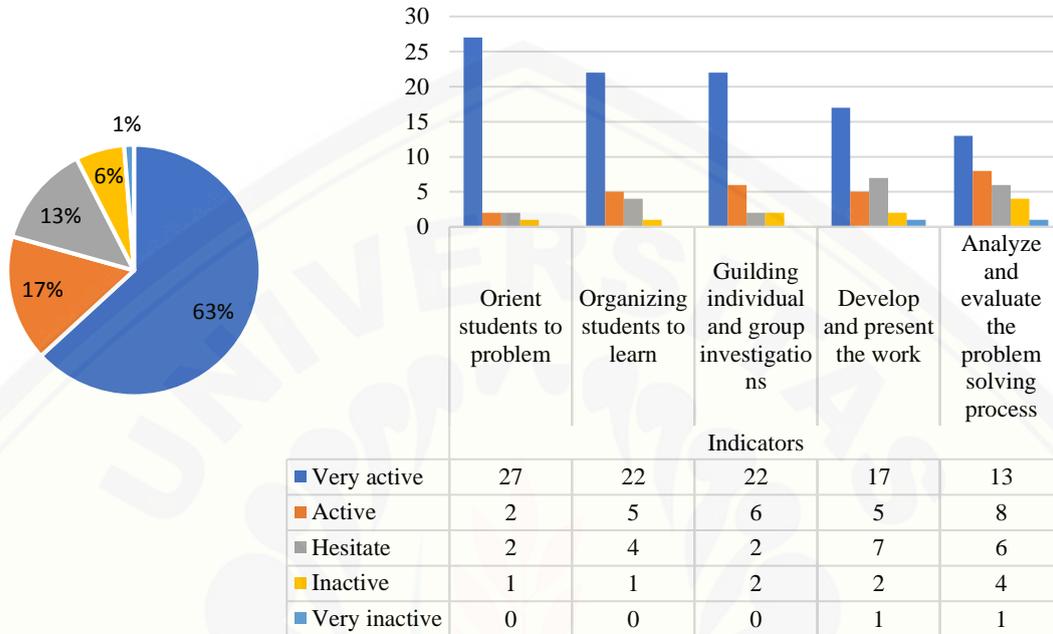


Diagram 4.6 Distribusi Hasil Observasi Penerapan PBL di Kelas Eksperimen

#### 4.5. Profil Keterampilan Generalisasi Mahasiswa

Tes keterampilan generalisasi tersebut berisi indikator-indikator berpikir generalisasi. Pedoman wawancara digunakan untuk mengetahui tahapan-tahapan proses penyelesaian lembar kerja yang dituliskan pada saat mengerjakan lembar kerja tersebut. Sedangkan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* terhadap hasil belajar mahasiswa yang diukur dengan keterampilan generalisasinya.

Berdasarkan indikator keterampilan generalisasi yang disesuaikan dengan kajian *r-dynamic vertex coloring*, ditemukan indikator-indikator mahasiswa yang berada di setiap level keterampilan generalisasi. Berikut ini kemampuan mahasiswa di setiap level berdasarkan materi *r-dynamic vertex coloring* adalah sebagai berikut:

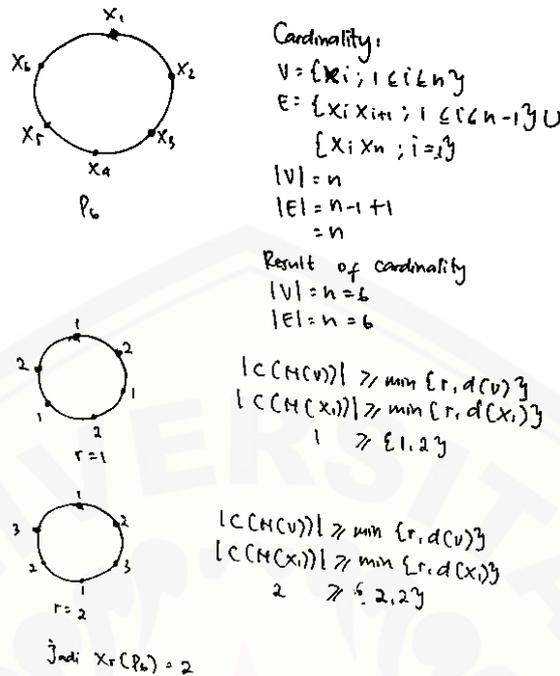
*Level very high* : Mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Mereka juga telah mampu memberi label titik atau pewarnaan serta menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

*Level high* : Mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Mereka juga mampu memberi label titik atau pewarnaan graf, namun mahasiswa belum mampu menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

*Level average* : Mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Akan tetapi mereka belum mampu memberi label titik atau pewarnaan graf dan menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

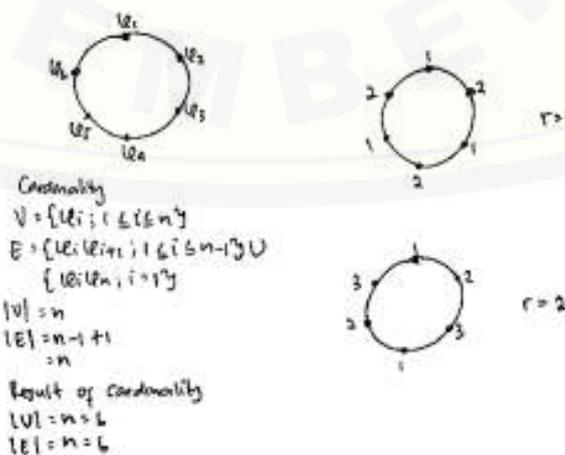
*Level low* : Mahasiswa mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan kardinalitas namun belum mampu memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Mahasiswa juga belum mampu memberi label titik atau pewarnaan graf dan menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

Berikut ini adalah hasil pekerjaan mahasiswa untuk level *very high*, *high*, *average*, dan *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.



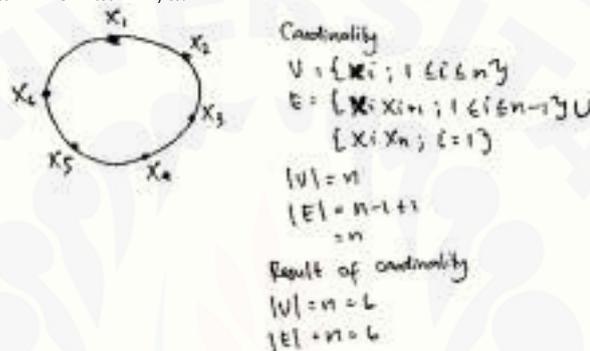
Gambar 4.7 Hasil Pekerjaan Mahasiswa Level *Very High*

Hasil pekerjaan mahasiswa tersebut menunjukkan bahwa telah mencapai level *very high* dari keterampilan generalisasi mahasiswa. Berdasarkan hasil analisis pekerjaan, subjek 1 sudah mampu mengenali sebuah graf *cycle* dengan  $n = 6$  dan mampu melambangkan graf tersebut. Subjek 1 telah mampu menghitung dan menentukan rumus kardinalitas graf tersebut. Selain itu juga telah mampu memformulasikan rumus kardinalitas ke dalam perhitungan umum. Subjek 1 telah mampu memberi label titik atau pewarnaan untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$ . Kemudian terakhir subjek 1 mampu menghitung serta menemukan bilangan kromatik graf *cycle* tersebut.



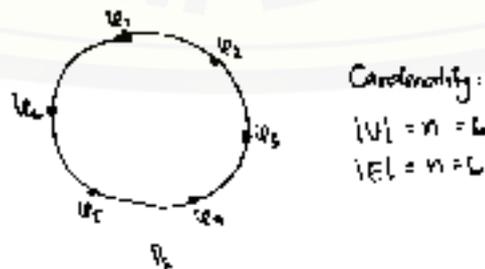
Gambar 4.8 Hasil Pekerjaan Mahasiswa Level *High*

Hasil pekerjaan mahasiswa tersebut menunjukkan bahwa telah mencapai level *high* dari keterampilan generalisasi mahasiswa. Berdasarkan hasil analisis pekerjaan subjek, 2 sudah mampu mengenali sebuah graf *cycle* dengan  $n = 6$  dan mampu melambangkan graf tersebut. Subjek 2 telah mampu menghitung dan menentukan rumus kardinalitas graf tersebut. Selain itu juga telah mampu memformulasikan rumus kardinalitas ke dalam perhitungan umum. Subjek 2 telah mampu memberi label titik atau pewarnaan untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$  namun masih sedikit mengalami kesulitan sehingga harus melihat lagi ke graf awal ketika masih diberi notasi saja. Subjek 2 belum mampu menemukan bilangan kromatiknya.



Gambar 4.9 Hasil Pekerjaan Mahasiswa Level *Average*

Hasil pekerjaan mahasiswa tersebut menunjukkan level *average* dari keterampilan generalisasi mahasiswa. Berdasarkan hasil analisis pekerjaan, subjek 3 sudah mampu mengenali sebuah graf *cycle* dengan  $n = 6$  dan mampu melambangkan graf tersebut. Subjek 3 telah mampu menghitung dan menentukan rumus kardinalitas graf tersebut. Selain itu juga telah mampu memformulasikan rumus kardinalitas ke dalam perhitungan umum. Akan tetapi subjek 3 masih belum mampu memberi label atau warna, sehingga belum mampu menemukan bilangan kromatiknya.



Gambar 4.10 Hasil Pekerjaan Mahasiswa Level *Low*

Hasil pekerjaan mahasiswa tersebut menunjukkan level *low* dari keterampilan generalisasi mahasiswa. Berdasarkan hasil analisis pekerjaan, subjek 4 sudah mampu mengenali sebuah graf *cycle* dan mampu melambangkan graf tersebut. Subjek 4 hanya mampu menemukan hasil akhir kardinalitas saja. Subjek 4 juga belum mampu memberi label atau warna graf, serta tidak dapat menemukan bilangan kromatiknya.

#### 4.6. Potret Fase

Setelah mahasiswa menyelesaikan *posttest*, peneliti mengelompokkan hasil pekerjaan mahasiswa ke dalam 4 level yaitu keterampilan generalisasi level *very high*, *high*, *average*, dan *low*. Hasil pekerjaan mahasiswa tersebut digunakan untuk mengetahui alur berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*. Tindakan yang dilakukan yaitu melakukan wawancara terhadap hasil pekerjaan mahasiswa. Pada tahap potret fase mahasiswa dibagi menjadi empat level yaitu level *very high*, *high*, *average*, dan *low* dalam keterampilan generalisasi.

Mahasiswa dikatakan berada pada level *very high* dalam keterampilan generalisasi apabila mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Mereka juga telah mampu memberi label titik atau pewarnaan serta menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

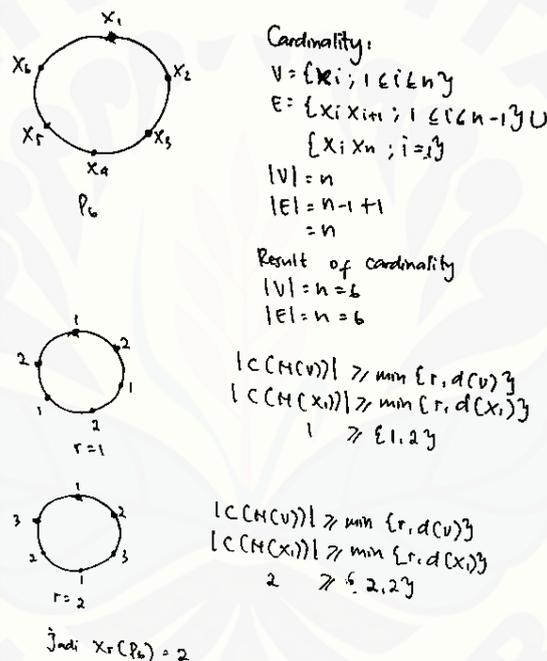
Mahasiswa dikatakan berada pada level *high* dalam keterampilan generalisasi apabila mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Mereka juga mampu memberi label titik atau pewarnaan graf, namun mahasiswa belum mampu menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

Mahasiswa dikatakan berada pada level *average* dalam keterampilan generalisasi apabila mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Akan tetapi mereka belum

mampu memberi label titik atau pewarnaan graf dan menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

Mahasiswa dikatakan berada pada level *low* dalam keterampilan generalisasi apabila mahasiswa mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan kardinalitas namun belum mampu memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Mahasiswa juga belum mampu memberi label titik atau pewarnaan graf dan menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

a) Level *very high* dalam keterampilan generalisasi



Gambar 4.11 Hasil Pekerjaan *Posttest* Subjek 1

Berdasarkan hasil analisis pekerjaan, subjek 1 sudah mampu mengenali sebuah graf *cycle* dengan  $n = 6$  dan mampu melambangkan graf tersebut. Subjek 1 telah mampu menghitung dan menentukan rumus kardinalitas graf tersebut. Selain itu juga telah mampu memformulasikan rumus kardinalitas ke dalam perhitungan umum. Subjek 1 telah mampu memberi label titik atau pewarnaan untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$ . Kemudian terakhir subjek 1 mampu menghitung serta menemukan bilangan kromatik graf *cycle* tersebut. Kemampuan tersebut diperjelas dengan hasil wawancara di bawah ini.

Hasil wawancara subjek 1

Peneliti : Setelah membaca permasalahan ini, hal apa saja yang Anda pahami? Atau hal apa yang pertama kali muncul di pikiran Anda?

Mahasiswa : Pada permasalahan ini diperintahkan untuk menemukan bilangan kromatik atau warna minimum graf *cycle*  $n = 6$ .

Peneliti : Apakah Anda bisa menyelesaikannya? Dan apakah Anda mengenal ini graf apa?

Mahasiswa : Iya saya tahu ini adalah graf *cycle* dengan  $n = 6$ .

Peneliti : Lalu apakah Anda mampu memberikan notasi titik graf tersebut?

Mahasiswa : Iya saya beri notasi  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  pada graf tersebut.

Peneliti : Apakah Anda juga bisa menghitung kardinalitasnya?

Mahasiswa : Iya saya bisa menghitung dan menentukan rumus kardinalitasnya. Saya juga bisa memformulasikannya bentuk umum dalam perhitungan kardinalitas.

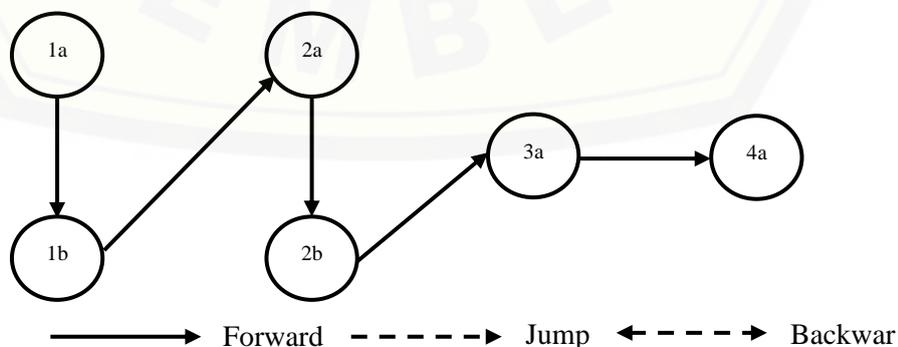
Peneliti : Apakah Anda bisa memberi label atau warna untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$  pada graf tersebut?

Mahasiswa : Bisa, saya bisa memberi warna untuk tiap  $r = 1$  dan  $r = 2$ .

Peneliti : Apakah Anda bisa menemukan bilangan kromatiknya?

Mahasiswa : Iya bisa dengan melihat kembali syarat umum dari *r-dynamic vertex coloring*.

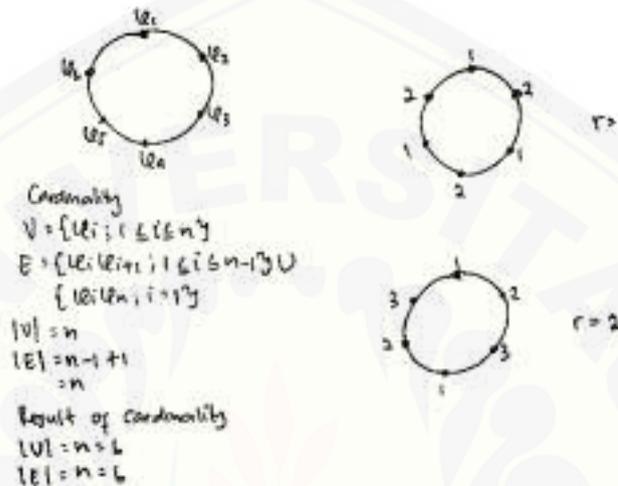
Berdasarkan analisis pekerjaan dan hasil wawancara pada subjek 1 maka alur keterampilan generalisasi dapat di lihat pada potret fase berikut ini:



Gambar 4.12 Potret Fase Subjek 1

Berdasarkan Tabel 2.2 (Bab 2), subjek 1 pada tahap 1a sampai ke tahap 4a berpikir lurus sesuai dengan tahapan. Dengan demikian subjek 1 berada kategori *very high* dari keterampilan generalisasi mahasiswa dilihat dari karakteristik potret fase yang menunjukkan indikator dan sub indikator yang telah dikuasai.

b) Level *high* dalam keterampilan generalisasi



Gambar 4.13 Hasil Pekerjaan *Posttest* Subjek 2

Berdasarkan hasil analisis pekerjaan subjek, 2 sudah mampu mengenali sebuah graf *cycle* dengan  $n = 6$  dan mampu melambangkan graf tersebut. Subjek 2 telah mampu menghitung dan menentukan rumus kardinalitas graf tersebut. Selain itu juga telah mampu memformulasikan rumus kardinalitas ke dalam perhitungan umum. Subjek 2 telah mampu memberi label titik atau pewarnaan untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$  namun masih sedikit mengalami kesulitan sehingga harus melihat lagi ke graf awal ketika masih diberi notasi saja. Subjek 2 belum mampu menemukan bilangan kromatiknya. Kemampuan tersebut diperjelas dengan hasil wawancara di bawah ini.

Hasil wawancara subjek 2

Peneliti : Setelah membaca permasalahan ini, hal apa saja yang Anda pahami? Atau hal apa yang pertama kali muncul di pemikiran Anda?

Mahasiswa : Pada permasalahan ini diperintahkan untuk menemukan bilangan kromatik atau warna minimum graf *cycle*.

Peneliti : Apakah Anda bisa menyelesaikannya? Dan apakah Anda mengenal ini graf apa namanya?

Mahasiswa : Iya saya tahu ini adalah graf *cycle* dengan  $n = 6$

Peneliti : Lalu apakah Anda mampu memberikan notasi titik graf tersebut?

Mahasiswa : Saya beri notasi  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  pada graf tersebut.

Peneliti : Apakah Anda juga bisa menghitung kardinalitasnya?

Mahasiswa : Iya saya bisa menghitung dan menentukan rumus kardinalitasnya. Saya juga bisa memformulasikannya bentuk umum dalam perhitungan kardinalitas.

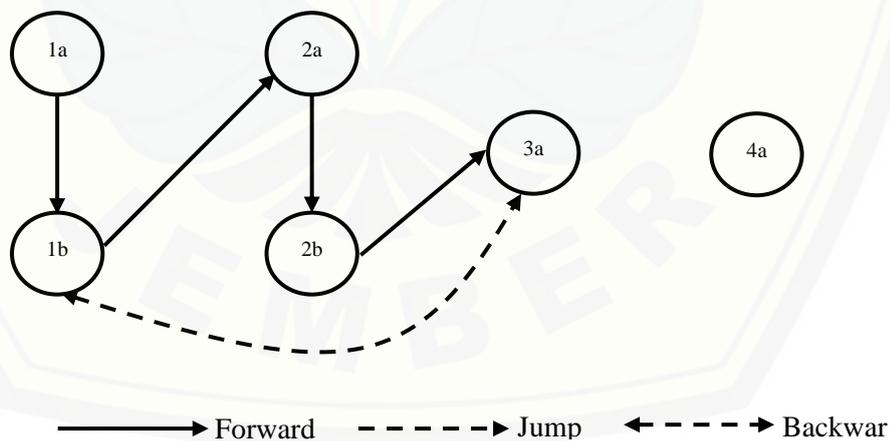
Peneliti : Apakah Anda bisa memberi label atau warna untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$  pada graf tersebut?

Mahasiswa : Bisa namun sedikit kesulitan sehingga saya harus melihat lagi ke graf awal ketika masih diberi notasi saja.

Peneliti : Apakah Anda bisa menemukan bilangan kromatiknya?

Mahasiswa : Saya belum bisa, hanya berhenti sampai pelabelan titik saja.

Berdasarkan analisis pekerjaan dan hasil wawancara pada subjek 2 maka alur keterampilan generalisasi dapat di lihat pada potret fase berikut ini:

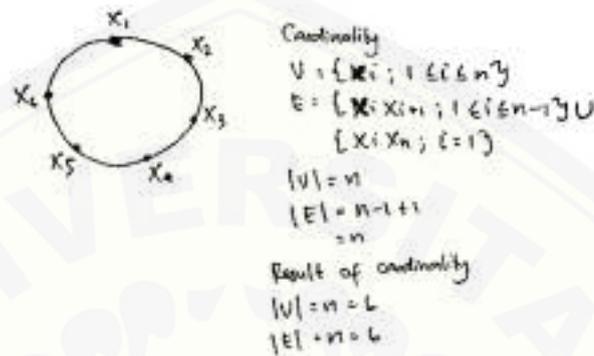


Gambar 4.14 Potret Fase Subjek 2

Berdasarkan Tabel 2.2 (Bab 2), subjek 2 pada tahap 1a sampai ke tahap 3a berpikir lurus sesuai dengan tahapan. Kemudian pada tahap 3a kembali lagi ke tahap 1b. Namun subjek 2 belum bisa mencapai sampai tahap 4a. Dengan demikian

subjek 2 berada kategori *high* dari keterampilan generalisasi mahasiswa di lihat dari kasarkteristik potret fase yang menunjukkan indikator dan sub indikator yang telah dikuasai.

c) Level *average* dalam keterampilan generalisasi



Gambar 4.15 Hasil Pekerjaan *Posttest* Subjek 3

Berdasarkan hasil analisis pekerjaan, subjek 3 sudah mampu mengenali sebuah graf *cycle* dengan  $n = 6$  dan mampu melambangkan graf tersebut. Subjek 3 telah mampu menghitung dan menentukan rumus kardinalitas graf tersebut. Selain itu juga telah mampu memformulasikan rumus kardinalitas ke dalam perhitungan umum. Akan tetapi subjek 3 masih belum mampu memberi label atau warna, sehingga belum mampu menemukan bilangan kromatiknya. Kemampuan tersebut diperjelas dengan hasil wawancara di bawah ini.

Hasil wawancara subjek 3

Peneliti : Setelah membaca permasalahan ini, hal apa saja yang Anda pahami? Atau hal apa yang pertama kali muncul di pemikiran Anda?

Mahasiswa : Pada permasalahan ini diperintahkan untuk menemukan bilangan kromatiknya.

Peneliti : Apakah Anda bisa menyelesaikannya? Dan apakah Anda mengenal ini graf apa namanya?

Mahasiswa : Ya bisa, namun sedikit bingung. Ini adalah graf *cycle* dengan  $n = 6$ .

Peneliti : Lalu apakah Anda mampu memberikan notasi titik graf tersebut?

Mahasiswa : Bisa, saya beri notasi  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$

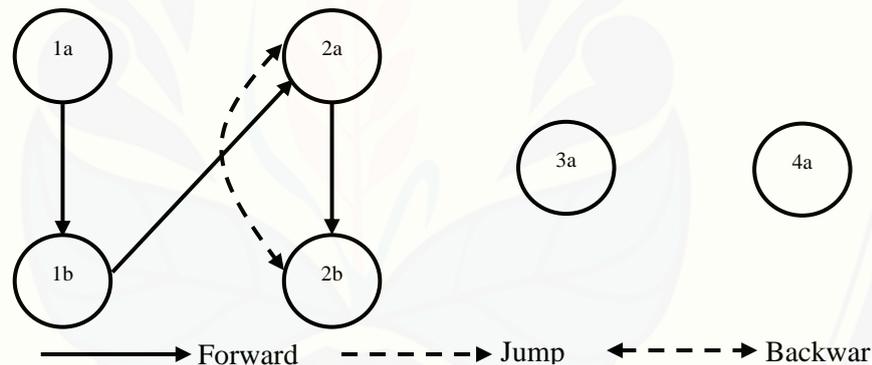
Peneliti : Apakah Anda juga bisa menghitung kardinalitasnya?

Mahasiswa : Iya saya bisa menghitung dan menentukan rumus kardinalitasnya. Namun sedikit kesulitan untuk memformulasikannya dalam perhitungan, jadi saya mencoba mengulangi lagi ke tahap menentukan kardinalitas.

Peneliti : Kesulitan apa lagi yang Anda alami?

Mahasiswa : Saya juga belum bisa memberi label atau warna pada graf tersebut. Jadi saya belum bisa menemukan bilangan kromatiknya.

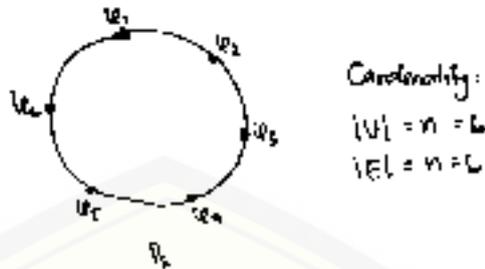
Berdasarkan analisis pekerjaan dan hasil wawancara pada subjek 3 maka alur keterampilan generalisasi dapat di lihat pada potret fase berikut ini:



Gambar 4.16 Potret Fase Subjek 3

Berdasarkan Tabel 2.2 (Bab 2), subjek 3 pada tahap 1a sampai ke tahap 2b berpikir lurus sesuai dengan tahapan. Kemudian pada tahap 2b kembali lagi ke tahap 2a. Subjek 3 hanya mampu sampai tahap ini saja dan tidak bisa melanjutkan ke tahap berikutnya. Dengan demikian subjek 3 berada kategori *average* dari keterampilan generalisasi mahasiswa dilihat dari karakteristik potret fase yang menunjukkan indikator dan sub indikator yang telah dikuasai.

d) Level *low* dalam keterampilan generalisasi



Gambar 4.17 Hasil Pekerjaan *Posttest* Subjek 4

Berdasarkan hasil analisis pekerjaan, subjek 4 sudah mampu mengenali sebuah graf *cycle* dan mampu melambangkan graf tersebut. Subjek 4 hanya mampu menemukan hasil akhir kardinalitas saja. Subjek 4 juga belum mampu memberi label atau warna graf, serta tidak dapat menemukan bilangan kromatiknya. Kemampuan tersebut diperjelas dengan hasil wawancara di bawah ini.

Hasil wawancara subjek 4

Peneliti : Setelah membaca permasalahan ini, hal apa saja yang Anda pahami? Atau hal apa yang pertama kali muncul di pemikiran Anda?

Mahasiswa : Awalnya saya tidak mengerti. Tapi setelah membaca petunjuk pada permasalahan, saya mengerti. Masalah yang harus saya pecahkan adalah menemukan bilangan chromatic pada graf.

Peneliti : Apakah Anda bisa menyelesaikannya? Dan apakah Anda mengenal ini graf apa namanya?

Mahasiswa : Ya bisa, namun sedikit bingung. Ini adalah graf *cycle*.

Peneliti : Lalu apakah Anda mampu memberikan notasi titik graf tersebut?

Mahasiswa : Bisa, saya beri notasi mulai dari  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$

Peneliti : Apakah Anda juga bisa menghitung kardinalitasnya?

Mahasiswa : Ya, namun ada kesulitan.

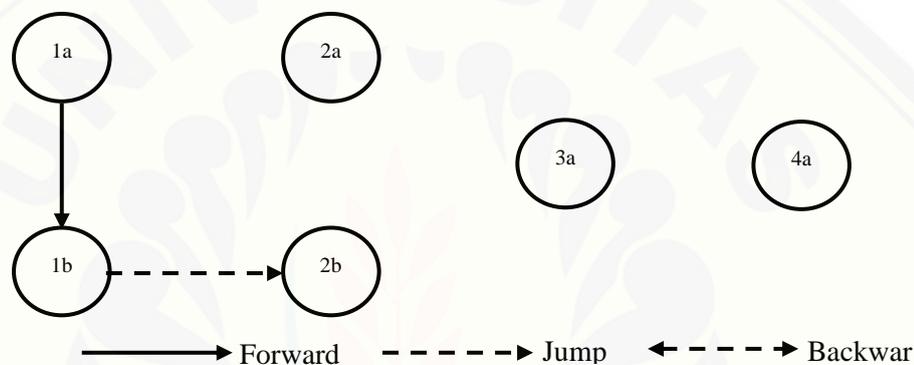
Peneliti : Kesulitan apa yang Anda alami?

Mahasiswa : Saya hanya bisa menentukan hasil akhir kardinalitasnya saja, belum bisa cara mencarinya. Karena kebetulan grafnya mudah jadi hasil akhir kardinalitasnya gampang

Peneliti : Apakah ada kesulitan lagi selain itu?

Mahasiswa : Saya juga belum bisa memberi label atau warna pada graf tersebut. Jadi saya belum bisa menemukan bilangan kromatiknya.

Berdasarkan analisis pekerjaan dan hasil wawancara pada subjek 4 maka alur keterampilan generalisasi dapat di lihat pada potret fase berikut ini:

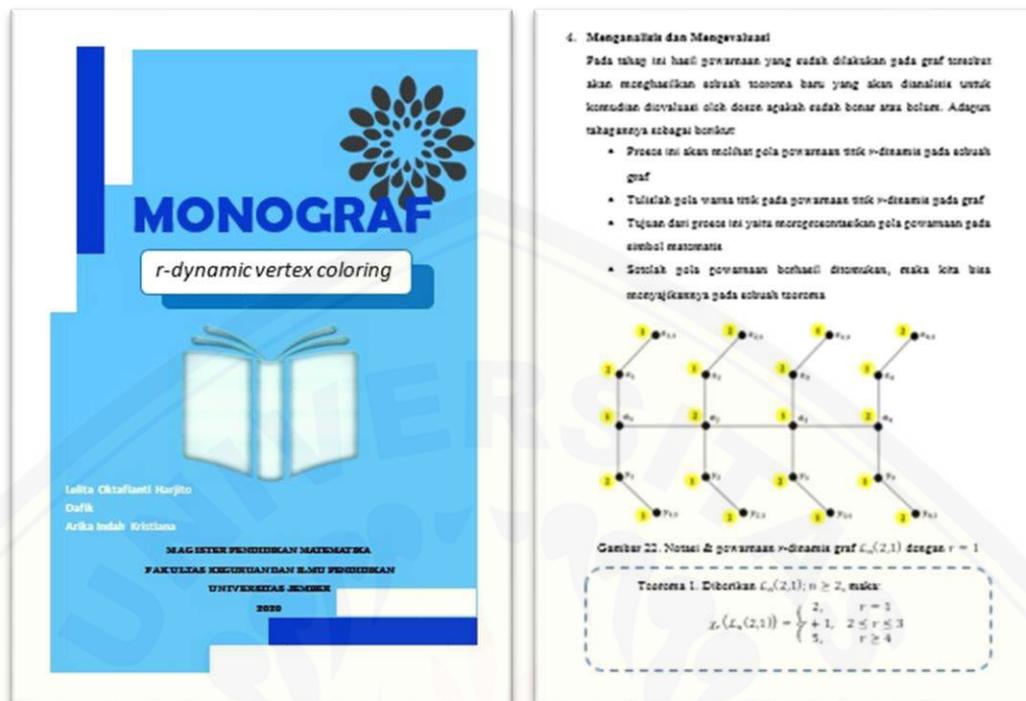


Gambar 4.18 Potret Fase Subjek 4

Berdasarkan Tabel 2.2 (Bab 2), subjek 4 pada tahap 1a ke tahap 1b berpikir lurus sesuai dengan tahapan. Kemudian pada tahap 1b loncat ke tahap 2b. Subjek 4 berhenti pada tahap tersebut sehingga tidak mampu melanjutkan ke tahap berikutnya. Dengan demikian subjek 4 berada kategori *low* dari keterampilan generalisasi mahasiswa dilihat dari karakteristik potret fase yang menunjukkan indikator dan sub indikator yang telah dikuasai.

#### 4.7. Monograf

Secara keseluruhan monograf berisi penjelasan konsep *r-dynamic vertex coloring*. Monograf terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu definisi graf, jenis graf, pewarnaan *r-dynamic vertex coloring*, tinjauan hasil penelitian terdahulu, penemuan pengembangan pola baru, dan generalisasinya dari penulis serta pola-pola yang telah ditemukan. Berikut gambar cover dan isi dari monograf.



Gambar 4.19 Cover dan Isi Monograf

Materi yang digunakan dalam pengembangan perangkat ini yaitu *r-dynamic vertex coloring* untuk menganalisis keterampilan generalisasi mahasiswa. Graf temuan yang ditemukan oleh mahasiswa dan peneliti akan dirangkum dalam sebuah monograf. Terdapat 4 langkah yang perlu mahasiswa lakukan untuk menemukan *r-dynamic vertex coloring*, antara lain:

- 1) Menentukan graf sebagai objek riset
- 2) Menentukan kardinalitas graf meliputi titik, himpunan titik dan sisi, banyak titik dan sisi, dan diameter graf tersebut. Diameter menjadi batas dari pewarnaan yang digunakan
- 3) Menentukan pola pewarnaan
- 4) Menentukan fungsi pewarnaan

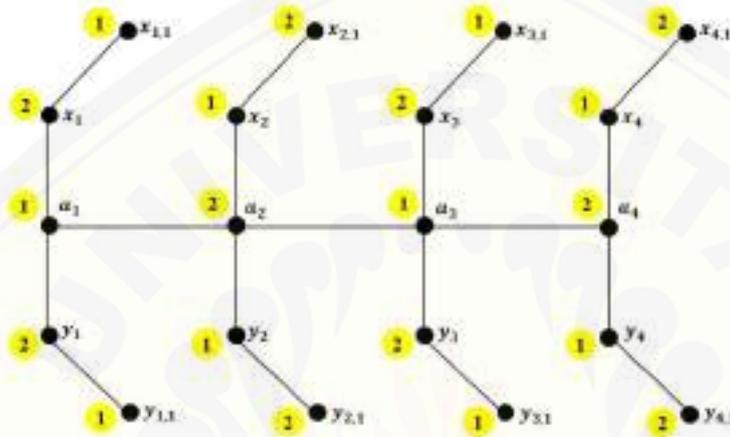
Adapun langkah-langkah untuk menemukan teorema baru harus sesuai dengan sintaks pada model pembelajaran *Problem Based Learning*, diantaranya:

1. Mengorientasikan masalah
2. Membimbing penyelidikan
3. Mengembangkan dan menyajikan masalah

4. Menganalisis dan mengevaluasi

Selain indikator keterampilan generalisasi mahasiswa, monograf ini juga memuat aktivitas atau langkah-langkah riset yang dapat membantu mahasiswa untuk menemukan *r*-dynamic vertex coloring. Monograf ini menghasilkan 4 teorema yaitu:

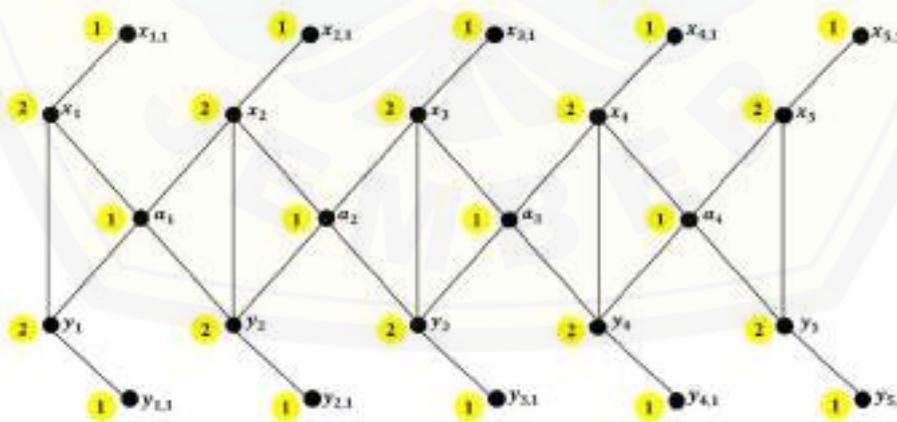
1) Graf Lobster  $\mathcal{L}_n(2,1)$  dengan  $r = 1$



Menghasilkan teorema:

$$\chi_r(\mathcal{L}_n(2,1)) = \begin{cases} 2, & r = 1 \\ r + 1, & 2 \leq r \leq 3 \\ 5, & r \geq 4 \end{cases}$$

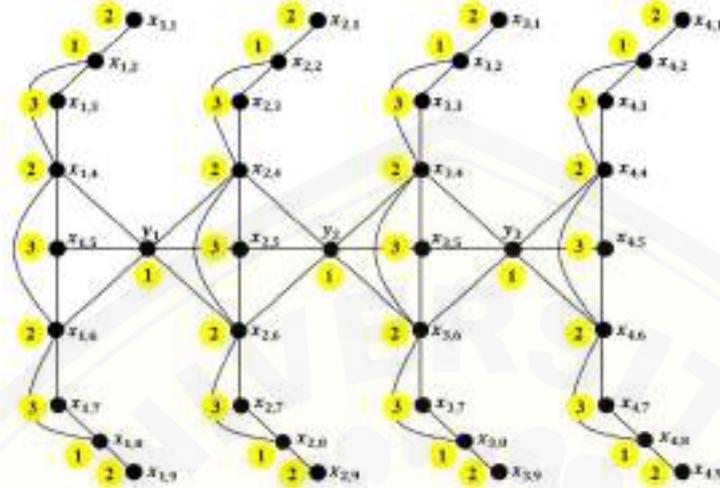
2) Line graf lobster  $L(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $r = 1$



Menghasilkan teorema:

$$\chi_{rL}(\mathcal{L}_n(2,1)) = \begin{cases} 2, & r = 1 \\ r + 1, & 2 \leq r \leq 3 \\ 5, & r \geq 4 \end{cases}$$

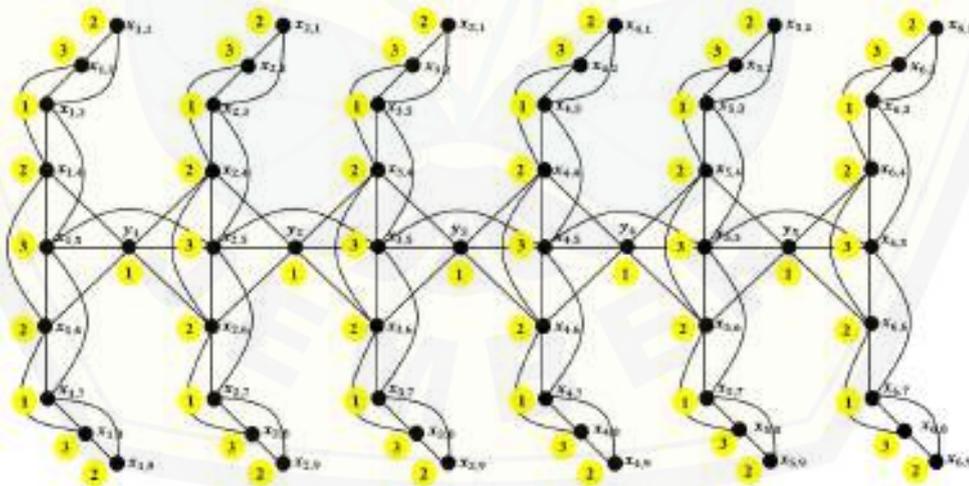
3) Middle graf lobster  $M(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $1 \leq r \leq 2$



Menghasilkan teorema:

$$\chi_r M(\mathcal{L}_n(2,1)) = \begin{cases} 3, & 1 \leq r \leq 2 \\ r + 1, & 3 \leq r \leq 5 \\ 7, & r \geq 6 \end{cases}$$

4) Total graf lobster  $T(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $1 \leq r \leq 2$



Menghasilkan teorema:

$$\chi_r T(\mathcal{L}_n(2,1)) = \begin{cases} 3, & 1 \leq r \leq 2 \\ r + 1, & 3 \leq r \leq 7 \\ 9, & r \geq 8 \end{cases}$$

## 4.8. Pembahasan

### 4.8.1. Pembahasan Profil Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan

Langkah awal yang dilakukan sebelum mengembangkan perangkat pembelajaran adalah menentukan kelas pengembangan. Adapun kriteria penilaian pada kelas pengembangan yaitu:  $90 \leq skor \leq 100$  tergolong sangat tinggi,  $75 \leq skor \leq 90$  tergolong tinggi,  $60 \leq skor \leq 75$  tergolong sedang,  $40 \leq skor \leq 60$  tergolong cukup, dan  $0 \leq skor \leq 40$  tergolong rendah. Pada kelas pengembangan dilakukan analisis pada 30 mahasiswa dan ditemukan bahwa 3 mahasiswa berada pada kategori sangat tinggi, 14 mahasiswa berada pada kategori tinggi, 11 mahasiswa berada pada kategori sedang, 2 mahasiswa berada pada kategori cukup, dan 0 mahasiswa atau tidak ada mahasiswa yang berada pada kategori rendah. Berdasarkan data tersebut maka dilakukan pengembangan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa pada kajian *r-dynamic vertex coloring*.

### 4.8.2. Pembahasan Proses dan Hasil Pengembangan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* dan pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan *kajian r-dynamic vertex coloring*. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa pelaksanaan pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa di kelas eksperimen.

Pada penelitian ini mengacu pada model Thiagarajan yang terdiri dari empat tahapan yaitu: pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Proses pengembangan perangkat yang dilakukan adalah validasi dan uji keefektifan perangkat pembelajaran yang dikembangkan.

Hasil validasi rencana pembelajaran diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi rencana pembelajaran sebesar 3,79 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 92,625%. Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang  $3 \leq V_r \leq 4$  maka rencana pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid.

Hasil validasi LKM diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi LKM sebesar 3,833 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 95,83%. Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang  $3 \leq V_r \leq 4$  maka LKM yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid.

Hasil validasi *posttest* diperoleh rata-rata keseluruhan skor validasi *posttest* sebesar 3,83 dan presentase rata-rata keseluruhan validasi yaitu 95,8%. Berdasarkan kriteria kevalidan jika skor validasi berada pada rentang  $3 \leq V_r \leq 4$  maka *posttest* yang dikembangkan oleh peneliti memenuhi kriteria valid.

Analisis data menggunakan statistik kuantitatif untuk menemukan perbedaan dari hasil belajar dengan model pembelajaran *Problem Based Learning*. Analisis data menggunakan aplikasi SPSS dengan data hasil belajar dari *pretest*. Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah distribusi data terdistribusi normal atau tidak. Distribusi data akan dikatakan signifikan jika nilainya lebih besar atau sama dengan 0,05. Nilai signifikan dari kelas kontrol adalah  $0,053 \geq 0,05$  dan kelas eksperimen adalah  $0,085 \geq 0,05$ . Jadi ini berarti data dari kedua kelas adalah distribusi normal.

Uji homogenitas mendapatkan hasil sig. 0,424. Ini berarti signifikan jika lebih besar dari 0,05 (berdasarkan mean =  $0,424 > 0,05$ ), sehingga varians data *pretest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen Homogen. Kemudian independent sample t-test dilakukan dan didapatkan nilai sig. (*2-tailed*) berdasarkan mean =  $0,155 > 0,05$  tidak ada perbedaan dalam nilai rata-rata *pretest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen. Berdasarkan hasil analisis data nilai mahasiswa dari setiap indikator pada pengerjaan *pretest*, di kelas kontrol ditemukan bahwa bahwa 7% berada pada kategori *very high*, 13% berada pada kategori *high*, 23% berada pada kategori *average*, dan 57% berada pada kategori *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.

Analisis data menggunakan statistik kuantitatif untuk menemukan perbedaan dari hasil belajar dengan model pembelajaran *Problem Based Learning*. Analisis data menggunakan aplikasi SPSS dengan data hasil belajar dari *posttest*. Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah distribusi data terdistribusi normal atau tidak. Distribusi data akan dikatakan signifikan jika nilainya lebih besar

atau sama dengan 0,05. Nilai signifikan dari kelas kontrol adalah  $0,200 \geq 0,05$  dan kelas eksperimen adalah  $0,200 \geq 0,05$ . Jadi ini berarti data dari kedua kelas adalah distribusi normal.

Uji homogenitas mendapatkan hasil sig. 0,424. Ini berarti signifikan jika lebih besar dari 0,05 (berdasarkan mean =  $0,096 > 0,05$ ), sehingga varians data *posttest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen Homogen. Kemudian independent sample t-test dilakukan dan didapatkan nilai Sig. (2-tailed) berdasarkan mean =  $0,000 < 0,05$   $H_0$  ditolak, artinya ada perbedaan nilai rata-rata *posttest* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen. Berdasarkan hasil analisis data nilai mahasiswa dari setiap indikator pada pengerjaan *posttest* di kelas kontrol ditemukan bahwa 31% berada pada kategori *very high*, 25% berada pada kategori *high*, 27% berada pada kategori *average*, dan 17% berada pada kategori *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.

Berdasarkan uji hipotesis diketahui bahwa *p-value*  $0,000 < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak, artinya bahwa ada pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa. Pada hasil uji *t* independen tersebut juga menunjukkan bahwa varians dengan nilai sig. (2-tailed)  $0,000 < 0,05$ . Dapat disimpulkan bahwa hasil *posttest* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen ada perbedaan yang signifikan setelah diterapkan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* di dalam pembelajarannya. Kelas eksperimen rata-ratanya sebesar 85,6 sedangkan kelas kontrol memiliki rata-rata 74,5 artinya bahwa rata-rata hasil keterampilan generalisasi mahasiswa kelas eksperimen lebih tinggi dari pada rata-rata hasil keterampilan generalisasi mahasiswa kelas kontrol. Ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* berpengaruh terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa.

Berdasarkan penjabaran aktivitas dalam pengerjaan LKM berdasarkan *Problem Based Learning* tersebut maka mahasiswa berada pada kategori sangat aktif. Ditemukan bahwa 59% mahasiswa sangat aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*, 23% mahasiswa aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*, 12% mahasiswa cukup aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*.

*Learning*, 5% mahasiswa tidak aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*, dan 1% mahasiswa sangat tidak aktif dalam pembelajaran *Problem Based Learning*. Jadi model pembelajaran *Problem Based Learning* dapat memberikan dampak baik dalam penyelesaian masalah *r-dynamic vertex coloring*.

Keterampilan generalisasi dibagi menjadi 4 level, yaitu level *very high*, *high*, *average*, dan *low*. Hasil pekerjaan mahasiswa digunakan untuk mengetahui alur berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan kajian *r-dynamic vertex coloring*. Tindakan yang dilakukan yaitu melakukan wawancara terhadap hasil pekerjaan mahasiswa.

Mahasiswa dikatakan berada pada level *very high* dalam keterampilan generalisasi apabila mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Mereka juga telah mampu memberi label titik atau pewarnaan serta menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

Mahasiswa dikatakan berada pada level *high* dalam keterampilan generalisasi apabila mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Mereka juga mampu memberi label titik atau pewarnaan graf, namun mahasiswa belum mampu menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

Mahasiswa dikatakan berada pada level *average* dalam keterampilan generalisasi apabila mahasiswa telah mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf. Akan tetapi mereka belum mampu memberi label titik atau pewarnaan graf dan menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

Mahasiswa dikatakan berada pada level *low* dalam keterampilan generalisasi apabila mahasiswa mampu mengenal graf dan memberi notasi graf tersebut. Selain itu mahasiswa juga mampu menentukan kardinalitas namun belum mampu memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf.

Mahasiswa juga belum mampu memberi label titik atau pewarnaan graf dan menemukan bilangan kromatik graf tersebut.

Monograf berisi penjelasan konsep *r-dynamic vertex coloring*. Selain itu monograf juga memuat aktivitas atau langkah-langkah riset yang dapat membantu mahasiswa untuk menemukan *r-dynamic vertex coloring*. Monograf terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu definisi graf, jenis graf, pewarnaan *r-dynamic vertex coloring*, tinjauan hasil penelitian terdahulu, penemuan pengembangan pola baru, dan generalisasinya dari penulis serta pola-pola yang telah ditemukan.

Materi yang digunakan dalam pengembangan perangkat ini yaitu *r-dynamic vertex coloring* untuk menganalisis keterampilan generalisasi mahasiswa. Graf temuan yang ditemukan oleh mahasiswa dan peneliti akan dirangkum dalam sebuah monograf. Terdapat 4 langkah yang perlu mahasiswa lakukan untuk menemukan *r-dynamic vertex coloring*, antara lain: (1) menentukan graf sebagai objek riset; (2) menentukan kardinalitas graf meliputi titik, himpunan titik dan sisi, banyak titik dan sisi, dan diameter graf tersebut; (3) menentukan pola pewarnaan; dan (4) menentukan fungsi pewarnaan.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berikut ini kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan proses pengembangan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* dalam mengukur keterampilan generalisasi mahasiswa pada kajian *r-dynamic vertex coloring*:

#### a) Profil Hasil Belajar Mahasiswa di Kelas Pengembangan

Pada kelas pengembangan dilakukan analisis pada 30 mahasiswa dan ditemukan bahwa 3 mahasiswa berada pada kategori sangat tinggi, 14 mahasiswa berada pada kategori tinggi, 11 mahasiswa berada pada kategori sedang, 2 mahasiswa berada pada kategori cukup, dan 0 mahasiswa atau tidak ada mahasiswa yang berada pada kategori rendah. Berdasarkan data tersebut maka dilakukan pengembangan perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa pada kajian *r-dynamic vertex coloring*.

#### b) Proses Pengembangan Perangkat Pembelajaran

Proses pengembangan perangkat pembelajaran menggunakan model Thiagarajan atau dikenal dengan *four-D*. Tahap-tahap yang dilakukan meliputi:

- 1) 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.
- 2) Tahap perancangan yaitu merancang perangkat pembelajaran yang akan dikembangkan, meliputi penyusunan rencana pembelajaran, LKM, dan *posttest* dengan menggunakan indikator keterampilan generalisasi di dalamnya dan materi yang dibahas adalah *r-dynamic vertex coloring*. Pada tahap ini diperoleh perangkat pembelajaran yaitu *draft 1*.
- 3) Tahap pengembangan yaitu 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.

4) Tahap penyebaran, dalam penelitian ini tahap penyebaran dilakukan pada S1 Pendidikan Matematika Universitas Jember.

c) Hasil Pengembangan Perangkat Pembelajaran

Hasil pengembangan perangkat pembelajaran yang diperoleh dalam penelitian ini adalah perangkat pembelajaran berdasarkan *Problem Based Learning* untuk meningkatkan keterampilan generalisasi mahasiswa pada kajian *r-dynamic vertex coloring*, meliputi rencana pembelajaran, LKM, dan *posttest*. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Kriteria tersebut dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Perangkat yang dikembangkan memenuhi kategori valid ditunjukkan dengan koefisien validitas rencana pembelajaran 3,79; LKM sebesar 3,83; dan *posttest* sebesar 3,83 dengan demikian perangkat dikatakan valid.
- 2) Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori praktis berdasarkan penilaian pengamatan aktivitas dosen. Aktivitas dosen pada pertemuan pertama 3,66 dengan persentase 92% dan tergolong kategori baik, sedangkan pada pertemuan kedua mencapai 3,89 dengan persentase 97% dan tergolong kategori baik. Hal ini menunjukkan perangkat pembelajaran dapat dikatakan praktis karena persentase aktivitas dosen mencapai  $\geq 80\%$ .
- 3) Perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kategori efektif berdasarkan persentase aktivitas mahasiswa, hasil penilaian *posttest*, dan hasil respon mahasiswa menunjukkan kategori baik, seperti uraian berikut:
  - Persentase aktivitas mahasiswa pada pertemuan pertama mencapai 3,5 dengan persentase 87,5% dan tergolong kategori baik. Sedangkan pada pertemuan kedua mencapai 3,61 dengan persentase 90,25% dan tergolong kategori baik. Dalam hal ini menunjukkan mahasiswa aktif mengikuti kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning*.

- Hasil *posttest* pada kelas eksperimen yang telah diterapkan perangkat pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* memperoleh hasil 56% mahasiswa berada pada kategori *very high*, 23% mahasiswa berada pada kategori *high*, 13% mahasiswa berada pada kategori *average*, dan 8% mahasiswa berada pada kategori *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.

d) Pengaruh Penerapan *Problem Based Learning*

Berdasarkan hasil analisis data *posttest* diperoleh bahwa *p-value*  $0,000 < 0,05$  maka *H<sub>0</sub>* ditolak, artinya bahwa ada pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan *Problem Based Learning* terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa. Pada hasil uji *t* independen tersebut juga menunjukkan bahwa varians dengan nilai sig. (*2-tailed*)  $0.000 < 0.05$ . Dapat disimpulkan bahwa hasil *posttest* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen ada perbedaan yang signifikan setelah diterapkan perangkat pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* di dalam pembelajarannya. Kelas eksperimen rata-ratanya sebesar 85,6 sedangkan kelas kontrol memiliki rata-rata 74,5 artinya bahwa rata-rata hasil keterampilan generalisasi mahasiswa kelas eksperimen lebih tinggi dari pada rata-rata hasil keterampilan generalisasi mahasiswa kelas kontrol. Ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* berpengaruh terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa.

e) Profil Keterampilan Generalisasi Mahasiswa

Berdasarkan indikator keterampilan generalisasi yang disesuaikan dengan kajian *r-dynamic vertex coloring*, ditemukan indikator-indikator mahasiswa yang berada di setiap level keterampilan generalisasi. Adapun level keterampilan generalisasi mahasiswa terbagi menjadi 4, yaitu level *very high*, *high*, *average*, dan *low* pada keterampilan generalisasi mahasiswa.

f) Potret Fase

Potret fase pada keterampilan generalisasi yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu potret fase mahasiswa dengan keterampilan generalisasi level *very high*, *high*, *average*, dan *low*. Adapun di setiap level memiliki indikator-indikator yang berbeda. Mahasiswa dikatakan berada pada level *very high* dalam keterampilan

generalisasi apabila telah mampu menemukan bilangan kromatik. Mahasiswa dikatakan berada pada level *high* dalam keterampilan generalisasi apabila mampu memberi label titik atau pewarnaan graf, namun belum mampu menemukan bilangan kromatik. Mahasiswa dikatakan berada pada level *average* dalam keterampilan generalisasi apabila hanya mampu menentukan dan memformulasikan keumuman hasil perhitungan kardinalitas sebuah graf, namun belum mampu memberi label titik atau pewarnaan graf dan menemukan bilangan kromatik. Mahasiswa dikatakan berada pada level *low* dalam keterampilan generalisasi apabila memberi notasi graf dan menentukan kardinalitas saja.

g) Monograf

Monograf yang dihasilkan pada penelitian ini berisi rangkuman hasil temuan baru berupa *r-dynamic vertex coloring* dari graf lobster, *line* graf lobster, *middle* graf lobster, dan *total* graf lobster. Adapun langkah-langkah penemuan teorema sesuai dengan sintaks pada model pembelajaran *Problem Based Learning*.

## 5.2.Saran

Pada penelitian analisis penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* dan pengaruhnya terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa dalam kajian *r-dynamic vertex coloring* terdapat beberapa saran sebagai berikut :

- 1) Perangkat pembelajaran dengan menggunakan model *Problem Based Learning* pada kajian *r-dynamic vertex coloring*, sebaiknya dikembangkan lebih lanjut untuk materi lain selain untuk pemahaman konsep juga sebagai syarat 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**

- Arifin, Zainal. 2012. *Penelitian Pendidikan Metode dan Paradigma Baru*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- 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.
- Creswell, J.W. 2015. *Penelitian Kualitatif & Desain Riset*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Dafik, Meganingtyas, D.E.W., Purnomo, K.D., Tarmidzi, M.D., Agustin, I.H. 2017. *Several Classes of Graphs and Their  $r$ -Dynamic Chromatic Numbers*. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 855, 012011.
- Dahar, R.W. 2011. *Teori-teori Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Erlangga.
- Dahlan, J.A. 2004. *Meningkatkan Kemampuan Penalaran dan Pemahaman Matematika Siswa Sekolah Menengah Pertama (SLTP) melalui Pendekatan Open-Ended*. Disertasi S.Ps. UPI Bandung: Tidak diterbitkan.
- Furmańczyk, H., Vivin, J. V., & Mohanapriya, N. 2018.  *$r$ -dynamic chromatic number of some line graphs*. Indian Journal of Pure and Applied Mathematics, 49(4), 591-600.
- Hamzah, Ali. 2014. *Evaluasi Pembelajaran Matematika*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.
- Hobri. 2009. *Model-model Pembelajaran Inovatif*. Jember: Center for Society Studies (CSS) Jember.
- Hobri. 2010. *Metodologi Penelitian Pengembangan (Aplikasi pada Penelitian Pendidikan Matematika)*. Jember: Pena Salsabila.
- Husnan, M. (2014). *Pendekatan Sainifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Jahanbekam, S., Kim, J., O, S., & West, D. B. 2016. *On  $r$ -dynamic coloring of graphs*. Discrete Applied Mathematics 206: 65-72.

- Jihad, Asep & Haris, Abdul. 2012. *Evaluasi Pembelajaran*. Yogyakarta: Multi Pressindo.
- Joni, T.R. 1986. *Pengukuran dan Penilaian*. Surabaya: Karya Anda.
- Kamdi, W. 2007. *Model-model Pembelajaran Inovatif*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Kristiana, A.I., Utoyo, M.I., Dafik. 2017. *The Lower Bound of the  $r$ -Dynamic Chromatic Number of Corona Product by Wheel Graphs*. AIP Conference Proceedings, 20-54.
- Kristiana, A.I. 2017. *On  $r$ -Dynamic Chromatic Number of the Corronation of Path and Several Graphs*. International Journal of Advanced Engineering, Research and Science, 04: 04, 96-101.
- Kurniasih, I., & Sani, B. (2015). *Ragam Pengembangan Model Pembelajaran untuk Peningkatan Profesionalisme Guru*. Yogyakarta: Kata Pena.
- Lai, H.J., Montgomery, B. 2002. *Dynamic Coloring of Graph*. Departement of Mathematics, West Virginia University, Mongantown WV 26506-6310.
- Mason, J., Burton.L., dan Stacey, K. 2010. *Thinking Mathematically*, 2<sup>nd</sup> Edition. Harlow: Prentice Hall.
- Masykur, Moch. & Fathani, A. H. 2007. *Mathematical Intelligence*. Jogjakarta: Ar-Ruzz.
- Nandini, G., Venkatachalam, M., & Gowri, S. *On  $r$ -dynamic coloring of the family of bistar graphs*. Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics, 68(1), 923-928.
- Prastowo, Andi. 2015. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Qohar, M.A. 2017. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Problem Based Learning untuk Meningkatkan Ketrampilan Berfikir Tingkat Tinggi*. Tesis. Jember: Universitas Jember
- Rahman, A. 2004. *Meningkatkan Kemampuan Pemahaman dan Kemampuan Generalisasi Siswa SMA melalui Pembelajaran Berbalik*. Tesis S.Ps. UPI Bandung: Tidak diterbitkan.

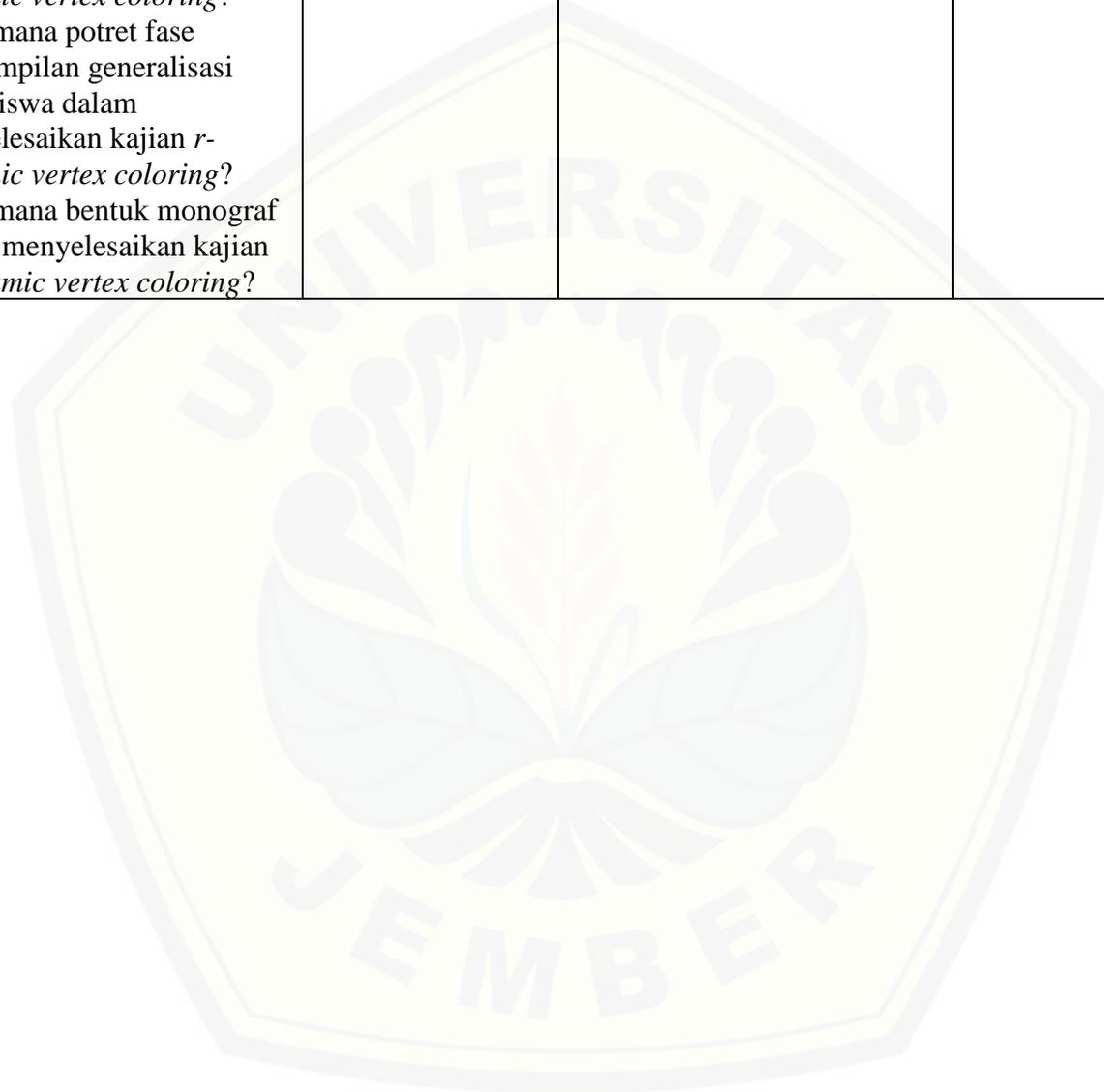
- Septory, B.J. 2019. *Analisis Kemampuan Berpikir Kombinatorial Mahasiswa dalam Menyelesaikan Kajian  $r$ -Dynamic Vertex Coloring dan Penerapan Problem Base Learning (PBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Kombinatorialnya*. Tesis. Jember: Universitas Jember
- Seymour. L dan Marc Lars. L. 2002. *Matematika Diskrit* . Jakarta : Salemba Teknik.
- Soekardijo. 2003. *Logika Dasar Tradisional, Simbolik, dan Induktif* (Cetak 9). Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sudjana, Nana. 2011. *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Sugiono. 2017. *Quantitative, Qualitative, and R&D Research Methods*. Bandung: Alfabeta.
- Suyatno. 2009. *Menjelajah Pembelajaran Inovatif*. Sidoarjo: Masmmedia Buana Pustaka.
- Syaibani, Hassan A. 2016. *Research Based Learning In Increase The Ability Of Student's Creative Thinking*. In: Sunardi dkk, editor. Opportunities of Mathematics and Learning in Facing Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA); 2016 October; Jember, Indonesia. Jember: Jember University. Page 209-213.
- Triyanto. 2012. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif Konsep Landasan, Implementasi pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)*. Jakarta: Kencana.
- Yunus, A. 2016. *Desain Sistem Pembelajaran Dalam Konteks Kurikulum 2013*. Bandung: Refika Aditama.

## Lampiran A.1 Matriks Penelitian

### MATRIKS PENELITIAN

JUDUL	PERMASALAHAN	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA	METODE PENELITIAN
Analisis Penerapan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan <i>Problem Based Learning</i> dan Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Generalisasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bagaimana profil hasil belajar mahasiswa di kelas pengembangan?</li> <li>2. Bagaimana proses pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan <i>Problem Based Learning</i> pada kajian <i>r-dynamic vertex coloring</i>?</li> <li>3. Bagaimana hasil pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan <i>Problem Based Learning</i> pada kajian <i>r-dynamic vertex coloring</i>?</li> <li>4. Adakah pengaruh penerapan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan <i>Problem Based Learning</i> terhadap keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan kajian <i>r-dynamic vertex coloring</i>?</li> <li>5. Bagaimana profil keterampilan generalisasi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Problem Based Learning</i> (PBL)</li> <li>2. Keterampilan generalisasi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Problem Based Learning</i> (PBL):                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Mengorientasikan masalah</li> <li>b. Mengorganisasi belajar</li> <li>c. Membimbing penyelidikan</li> <li>d. Mengembangkan &amp; menyajikan masalah</li> <li>e. Menganalisis &amp; mengevaluasi</li> </ol> </li> <li>2. Keterampilan generalisasi:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. <i>Perseption of generality</i></li> <li>b. <i>Expression of generality</i></li> <li>c. <i>Symbolic expression of generality</i></li> <li>d. <i>Manipulation of generality</i></li> </ol> </li> </ol>	Mahasiswa S1 FKIP Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Jember	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jenis penelitian: Kombinasi (<i>Mixed Method</i>)</li> <li>2. Pengumpulan data:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. LKM</li> <li>b. Tes</li> <li>c. Wawancara</li> </ol> </li> <li>3. Metode Analisa Data:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Pemaparan data</li> <li>b. Uji validasi</li> <li>c. Uji <i>t-test</i></li> <li>d. Uji kepraktisan</li> <li>e. Uji keefektifan</li> </ol> </li> </ol>

	<p>mahasiswa dalam menyelesaikan kajian <i>r-dynamic vertex coloring</i>?</p> <p>6. Bagaimana potret fase keterampilan generalisasi mahasiswa dalam menyelesaikan kajian <i>r-dynamic vertex coloring</i>?</p> <p>7. Bagaimana bentuk monograf dalam menyelesaikan kajian <i>r-dynamic vertex coloring</i>?</p>				
--	---	--	--	--	--





**UNIVERSITAS JEMBER**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
**JURUSAN PENDIDIKAN MIPA**  
**PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN MATEMATIKA**

**SILABUS**

<b>Nama Mata Kuliah</b>	: Kombinatorika
<b>Kode Mata Kuliah</b>	: KPM1313
<b>Semester</b>	: 3
<b>SKS</b>	: 2
<b>Dosen Pengampu Mata Kuliah</b>	: Prof. Drs. Slamin, M.Comp.Sc., Ph.D. [A]
<b>Tim Pengajar</b>	: Randi Pratama Murtikusuma, S.Pd., M.Pd. [B] Saddam Hussien, S.Pd., M.Pd. [C]
<b>Deskripsi Mata Kuliah</b>	: Mata kuliah ini secara umum membahas tentang teknik menghitung, permutasi, kombinasi, ekspansi binomial, peluang, peluang bersyarat, peluang saling asing, prinsip rekursi, dan inklusi-eksklusi.
<b>Capaian Pembelajaran Mata Kuliah</b>	: <p><b>Sikap: S1</b> 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><b>Pengetahuan: PP2</b> Menguasai objek matematika untuk pemecahan masalah, dan melaksanakan pembelajarannya</p> <p><b>Ketrampilan Umum: KU1</b> Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif, dengan menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur dalam konteks pengembangan atau implementasi IPTEKS</p> <p><b>Ketrampilan Khusus:</b> 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><b>CP Mata Kuliah</b></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"> <li>a) prinsip dasar perhitungan (aturan penambahan dan perkalian)</li> <li>b) kombinasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait</li> <li>c) permutasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait</li> <li>d) ekspansi binomial dan menyelesaikan permasalahan yang terkait</li> <li>e) peluang dan menyelesaikan permasalahan yang terkait</li> </ol> <p>(2) Mampu menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan konsep bidang kajian kombinatorik</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Memformulasikan barisan dan deret secara eksplisit maupun implisit</li> <li>b) Menotasikan kembali formula barisan dan deret dalam</li> </ol>

		<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>
<b>Bahan Kajian</b>	:	<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>
<b>Referensi</b>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gallier, Jean. 2011. Discrete Mathematics. New York: Springer.</li> <li>2. Goodaire, Edgar G &amp; Parmenter, Michael M. 2002. Discrete Mathematics with Graph Theory Second Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.</li> <li>3. Lovaz, Pelikan &amp; Vesztergombi. 2003. Discrete Mathematics: Elementary and Beyond. New York : Spinger-verlag.</li> <li>4. Lipschutz dan Lipson. 2007. Schaum' series: Discrete mathematics third editions. New york: McGraw-Hill</li> <li>5. Rao, G. Shanker. 2009. Discrete Mathematical Structures, Second Edition. New Delhi: New Age International Limited Publishers</li> <li>6. Rosen, Kenneth H. 2003. Discrete Mathematics and Its Applications. New York : McGraw-Hill.</li> </ol>



**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
<b>OTORISASI</b>	<b>Dosen Pengembang RPS</b>	<b>Koordinator Matakuliah</b>	<b>Ketua Program Studi</b>		<b>Dekan</b>
	Saddam Hussien, S.Pd., M.Pd.	Prof. Drs. Slamin, M.Comp.Sc., Ph.D.	Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.		Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

**Capaian Pembelajaran (CP)**

**CPL – Prodi**

**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

**Pengetahuan: PP2**

Menguasai objek matematika untuk pemecahan masalah, dan melaksanakan pembelajarannya

**Ketrampilan Umum: KU1**

Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif, dengan menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur dalam konteks pengembangan atau implementasi IPTEKS

**Ketrampilan Khusus:**

Mampu merencanakan, mengimplementasikan, dan mengevaluasi pembelajaran matematika dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi yang berorientasi kecakapan hidup (*thinking skill, social skill, academic skill, vocational skill*)

**CP-MK**

- (1) Mampu menerapkan dan menganalisis konsep-konsep dalam bidang kajian kombinatorik, serta menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan materi
  - a) prinsip dasar perhitungan (aturan penambahan dan perkalian)
  - b) kombinasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait
  - c) permutasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait
  - d) ekspansi binomial dan menyelesaikan permasalahan yang terkait
  - e) peluang dan menyelesaikan permasalahan yang terkait
  
- (2) Mampu menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan konsep bidang kajian kombinatorik
  - a) Memformulasikan barisan dan deret secara eksplisit maupun implisit
  - b) Menotasikan kembali formula barisan dan deret dalam bentuk notasi rekursif
  - c) Menggunakan induksi matematika dalam pembuktian pernyataan-pernyataan matematika

# Digital Repository Universitas Jember

	<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>	
<b>Deskripsi Singkat Mata Kuliah</b>	Mata kuliah ini secara umum membahas tentang teknik menghitung, permutasi, kombinasi, ekspansi binomial, peluang, peluang bersyarat, peluang saling asing, prinsip rekursi, dan inklusi-eksklusi.	
<b>Materi Pembelajaran/ Pokok Bahasan</b>	<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>	
<b>Daftar Pustaka/ Referensi</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Gallier, Jean. 2011. Discrete Mathematics. New York: Springer.</li> <li>Goodaire, Edgar G &amp; Parmenter, Michael M. 2002. Discrete Mathematics with Graph Theory Second Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.</li> <li>Lovaz, Pelikan &amp; Vesztergombi. 2003. Discrete Mathematics: Elementary and Beyond. New York : Spinger-verlag.</li> <li>Lipschutz dan Lipson. 2007. Scaum' series: Discrete mathematics third editions. New york: McGraw-Hill</li> <li>Rao, G. Shanker. 2009. Discrete Mathematical Structures, Second Edition. New Delhi: New Age International Limited Publishers</li> <li>Rosen, Kenneth H. 2003. Discrete Mathematics and Its Applications. New York : McGraw-Hill.</li> </ol>	
<b>Media Pembelajaran</b>	<i>Software</i>	<i>Hardware</i>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>MS Power Point/Pdf Viewer</li> <li>LaTeX</li> <li>Browser: E-learning UNEJ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Proyektor/LCD</li> <li>Pointer</li> <li>Laptop / Komputer</li> </ol>
<b>Team Teaching</b>	Prof. Drs. Slamin, M.Comp.Sc., Ph.D. Randi Pratama Murtikusuma, S.Pd., M.Pd	
<b>Matakuliah Prasarat</b>	-	

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"> <li>Memahami isi Kontrak Kuliah, dan Dokumen Pembelajaran</li> <li>Memahami teknis dasar perhitungan serta mampu menerapkannya dalam pemecahan masalah yang terkait</li> <li>Menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan konsep permutasi serta mampu menerapkan konsep dalam pemecahan masalah yang terkait</li> <li>Menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan konsep kombinasi serta mampu menerapkannya dalam pemecahan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kemampuan mahasiswa dalam, memformulasikan, atau menganalisis konsep prinsip dasar perhitungan, permutasi, kombinasi dan ekspansi binomial</li> </ul>	<p>Kriteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ketepatan penjelasan</li> <li>✓ Komunikasi (tertulis dan lisan/verbal)</li> <li>✓ Keterampilan pembuktian</li> <li>✓ Keterampilan pembuktian</li> <li>✓ Ketajaman analisis</li> <li>✓ pemahaman dan kebenaran konsep</li> </ul> <p>Metode:</p>	<p>Model: <i>direct learning</i></p> <p>Metode: diskusi, ekspositori, dan <i>cooperative learning</i></p> <p>[TM : 5(2*50 menit)]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membahas kontrak kuliah</li> <li>Membahas objek kajian kombinatorik dan aplikasinya</li> <li>Aturan Dasar Perhitungan</li> <li>Permutasi</li> <li>Kombinasi</li> <li>Ekspansi Binomial</li> </ul>	Kognitif 8%

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

## Digital Repository Universitas Jember

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



**UNIVERSITAS JEMBER**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
**JURUSAN PENDIDIKAN MIPA**  
**PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN MATEMATIKA**

**KONTRAK KULIAH**

<b>Nama Mata Kuliah</b>	:	Kombinatorika
<b>Kode Mata Kuliah</b>	:	KPM1313
<b>Semester/Tahun Akademik</b>	:	3 / 1819
<b>SKS</b>	:	2
<b>Koordinator Mata Kuliah</b>	:	Prof. Drs. Slamini, M.Comp.Sc., Ph.D. [A]
<b>Tim Pengajar</b>	:	Randi Pratama Murtikusuma, S.Pd., M.Pd. [B] Saddam Hussien, S.Pd., M.Pd. [C]
<b>Diskripsi Mata Kuliah</b>	:	Mata kuliah ini secara umum membahas tentang teknik menghitung, permutasi, kombinasi, ekspansi binomial, peluang, peluang bersyarat, peluang saling asing, prinsip rekursi, dan inklusi-eksklusi.
<b>Capaian Pembelajaran Matakuliah</b>	:	<p><b>Sikap:</b> 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><b>Pengetahuan:</b> PP2 Menguasai objek matematika untuk pemecahan masalah, dan melaksanakan pembelajarannya</p> <p><b>Ketrampilan Umum:</b> KU1 Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif, dengan menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur dalam konteks pengembangan atau implementasi IPTEKS</p> <p><b>Ketrampilan Khusus:</b> 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><b>CP Mata Kuliah</b></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"> <li>a) prinsip dasar perhitungan (aturan penambahan dan perkalian)</li> <li>b) kombinasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait</li> <li>c) permutasi dan menyelesaikan permasalahan yang terkait</li> <li>d) ekspansi binomial dan menyelesaikan permasalahan yang terkait</li> <li>e) peluang dan menyelesaikan permasalahan yang terkait</li> </ol> <p>(2) Mampu menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan konsep bidang kajian kombinatorik</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Memformulasikan barisan dan deret secara eksplisit maupun implisit</li> <li>b) Menotasikan kembali formula barisan dan deret dalam bentuk notasi rekursif</li> <li>c) Menggunakan induksi matematika dalam pembuktian pernyataan-pernyataan matematika</li> <li>d) Menggunakan teorema-teorema dalam teknik menghitung tingkat dasar maupun tingkat lanjut dalam penyelesaian masalah</li> <li>e) Memodelkan permasalahan matematika dalam bentuk persamaan relasi rekurensi</li> </ol>
<b>Bahan Kajian</b>	:	<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</p>

		dan penerapannya.
<b>Referensi</b>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gallier, Jean. 2011. Discrete Mathematics. New York: Springer.</li> <li>2. Goodaire, Edgar G &amp; Parmenter, Michael M. 2002. Discrete Mathematics with Graph Theory Second Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.</li> <li>3. Lovaz, Pelikan &amp; Vesztergombi. 2003. Discrete Mathematics: Elementary and Beyond. New York : Spinger-verlag.</li> <li>4. Lipschutz dan Lipson. 2007. Scaum' series: Discrete mathematics third editions. New york: McGraw-Hill</li> <li>5. Rao, G. Shanker. 2009. Discrete Mathematical Structures, Second Edition. New Delhi: New Age International Limited Publishers</li> <li>6. Rosen, Kenneth H. 2003. Discrete Mathematics and Its Applications. New York : McGraw-Hill.</li> </ol>

<b>Tugas</b>	:	<p>Tugas mata kuliah yang diberikan kepada mahasiswa meliputi tugas individu dan tugas kelompok</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tugas kelompok melakukan kajian terhadap permasalahan (terbaru maupun <i>open problem</i>) dalam bidang kombinatorika</li> <li>2. Tugas individu mengerjakan permasalahan tentang barisan, deret, induksi matematika, definisi rekursif, dan struktural induksi</li> </ol>
--------------	---	--

<b>Kriteria Penilaian</b>	:	<p>Kriteria penilaian mata kuliah ini meliputi dua aspek, yaitu:</p> <p>(1). Penilaian Kemampuan Pengetahuan  <math>N1 = 20\%NT + 25\%NK + 25\%UTS + 30\%UAS</math>  <b>Keterangan:</b>                      N1 = Nilai pengetahuan/kognitif                      NT = Nilai rerata Tugas                      NK = Nilai rerata Kuis                      UTS = Ujian Tengah Semester                      UAS = Ujian Akhir Semester</p> <p>(2). Penilaian Sikap dan Tata Nilai (N2)                      Penilaian terhadap sikap dan tata nilai akan didasarkan pada dimensi atau kriteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketuhanan terhadap Tuhan Yang Maha Esa</li> <li>• Kemandirian dan tanggung jawab</li> <li>• Kejujuran</li> <li>• Hormat dan santun</li> <li>• Percaya diri, kreatif, dan pekerja keras</li> </ul> <p><b>Nilai Akhir (NA) = 50%N1 + 50% N2</b>                      Nilai Akhir (NA) diperoleh dengan merata-rata N1 dan N2. Nilai akhir akan diberikan dalam bentuk huruf mutu dengan mengacu kepada kriteria yang telah ditetapkan dalam buku pedoman Universitas Jember tahun ajaran 2016/2017 sebagai berikut:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Huruf Mutu</th> <th>Angka Mutu</th> <th>Rentang Nilai</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>4,00</td><td>80 - 100</td></tr> <tr><td>AB</td><td>3,50</td><td>75 - 79,99999</td></tr> <tr><td>B</td><td>3,00</td><td>70 - 74,99999</td></tr> <tr><td>BC</td><td>2,50</td><td>65 - 69,99999</td></tr> <tr><td>C</td><td>2,00</td><td>60 - 64,99999</td></tr> <tr><td>CD</td><td>1,50</td><td>55 - 59,99999</td></tr> <tr><td>D</td><td>1,00</td><td>50 - 54,99999</td></tr> <tr><td>DE</td><td>0,50</td><td>45 - 49,99999</td></tr> <tr><td>E</td><td>0,00</td><td>0 - 44,99999</td></tr> </tbody> </table>	Huruf Mutu	Angka Mutu	Rentang Nilai	A	4,00	80 - 100	AB	3,50	75 - 79,99999	B	3,00	70 - 74,99999	BC	2,50	65 - 69,99999	C	2,00	60 - 64,99999	CD	1,50	55 - 59,99999	D	1,00	50 - 54,99999	DE	0,50	45 - 49,99999	E	0,00	0 - 44,99999
Huruf Mutu	Angka Mutu	Rentang Nilai																														
A	4,00	80 - 100																														
AB	3,50	75 - 79,99999																														
B	3,00	70 - 74,99999																														
BC	2,50	65 - 69,99999																														
C	2,00	60 - 64,99999																														
CD	1,50	55 - 59,99999																														
D	1,00	50 - 54,99999																														
DE	0,50	45 - 49,99999																														
E	0,00	0 - 44,99999																														

**Jadwal Perkuliahan**

Perkuliahan akan dilaksanakan selama 16 kali pertemuan dengan durasi 2×50 menit perpertemuan. Rincian pokok bahasan untuk masing-masing pertemuan dijabarkan sebagai berikut:

Pertemuan ke	Tanggal dan Jam	Bahan Kajian	Dosen Pengampu
1		Membahas kontrak kuliah dan kajian kombinarotika	[A] [C]
2		Prinsip Dasar Perhitungan	[A] [C]
3		Permutasi	[A] [C]
4		Kombinasi	[A] [C]
5		Ekspansi Binomial	[A] [C]
6		Prinsip Dasar Peluang	[A] [C]

7	Peluang Bersyarat dan Saling Asing	[A] [C]
8	UTS	[A] [C]
9	Prinsip sarang merpati (pigeonhole principle)	[B] [C]
10	Definisi rekursif dan struktural induksi	[B] [C]
11	Pemodelan dengan relasi rekurensi	[B] [C]
12	Solusi relasi rekurensi linier homogen	[B] [C]
13	Solusi relasi rekurensi linier nonhomogen	[B] [C]
14	Fungsi pembangkit	[B] [C]
15	Prinsip dan penerapan inklusi-eksklusi	[B] [C]
16	UAS	[B] [C]

Jember, 25 Februari 2019

Dosen Pembina  
Mata kuliah

Perwakilan Mahasiswa

Saddam Hussien., S.Pd., M.Pd  
NRP. 760017071

.....  
NIM.

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika

Susi Setiawani, S.Si., M.Sc  
NIP. 197003071995122001

## Lampiran A.5 Rencana Pembelajaran (RP)

## RENCANA PEMBELAJARAN (RP)

<b>Fakultas</b>	:	Keguruan dan Ilmu Pendidikan
<b>Prodi</b>	:	Pendidikan Matematika
<b>Mata Kuliah</b>	:	Kombinatorika
<b>Semester</b>	:	
<b>SKS</b>	:	
<b>Dosen Pengampu</b>	:	
<b>Bahan Kajian</b>	:	Pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>
<b>Pertemuan ke</b>	:	1 – 2
<b>Kemampuan Akhir</b>	:	Setelah akhir pembelajaran diharapkan mahasiswa mampu memahami dan mengembangkan Pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i> dari suatu graf
<b>Sub Bahan Kajian</b>	:	Kardinalitas, Pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>
<b>Sumber Pembelajaran</b>	:	Buku dan jurnal penelitian terkait
<b>Media Pembelajaran</b>	:	LKM
<b>Pendekatan/Metode</b>	:	<i>Problem Based Learning (PBL)</i>
<b>Skenario Pembelajaran</b>	:	

• Pertemuan ke-1 : Kardinalitas, Pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>				
KEGIATAN PEMBELAJARAN			ESTIMASI WAKTU	
<b>Kegiatan Pendahuluan</b>			15'	
<b>Dosen</b>		<b>Mahasiswa</b>		
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 dan pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>	4.	Mendengarkan penjelasan dosen terkait bahan kajian yang akan dipelajari tentang kardinalitas graf dan pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>	5'
<b>Kegiatan Inti</b>			75'	
<b>Fase 1</b>				
<b>Dosen</b>		<b>Mahasiswa</b>		
1.	Membagi mahasiswa dalam beberapa kelompok yang heterogen	1.	Membentuk kelompok belajar sesuai arahan dosen	10'

2.	Menyampaikan tujuan materi <i>r-dynamic vertex coloring</i>	2.	Memperhatikan dan bertanya mengenai materi tersebut dan menjawab pertanyaan yang diajukan dosen	10'
<b>Fase 2</b>				
1.	Menyampaikan kaitan materi <i>r-dynamic vertex coloring</i> dalam kehidupan sehari-hari	1.	Bertanya dan bersikap aktif dalam kegiatan pembelajaran	10'
2.	Membagikan LKM untuk diselesaikan secara berkelompok	2.	Menerima LKM yang diberikan dosen	5'
<b>Fase 3</b>				
1.	Mengobservasi mahasiswa saat berdiskusi mengerjakan LKM	1.	Mengerjakan LKM secara berkelompok, berdiskusi, dan mengeluarkan pendapat	40'
<b>Kegiatan Penutup</b>				
<b>Merumuskan hipotesis dari pertemuan 1</b>				<b>10'</b>
<b>Dosen</b>		<b>Mahasiswa</b>		
1.	Mengarahkan mahasiswa untuk membuat kesimpulan	1.	Membuat kesimpulan	5'
2.	Memberi penguatan akhir tentang materi yang dibahas	2.	Mendengarkan penguatan yang diberikan dosen	3'
3.	Menutup dengan salam dan doa	3.	Mengucapkan salam dan doa	2'

<b>• Pertemuan ke-2 : Kardinalitas, Pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i></b>				
<b>KEGIATAN PEMBELAJARAN</b>			<b>ESTIMASI WAKTU</b>	
<b>Kegiatan Pendahuluan</b>			<b>15'</b>	
<b>Dosen</b>		<b>Mahasiswa</b>		
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 dan pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>	4.	Mendengarkan penjelasan dosen terkait bahan kajian yang akan dipelajari tentang kardinalitas graf dan pelabelan <i>r-Dynamic Vertex Coloring</i>	5'
<b>Kegiatan Inti</b>			<b>75'</b>	
<b>Dosen</b>		<b>Mahasiswa</b>		
<b>Fase 4</b>				
1.	Menunjuk kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi	1.	Mempresentasikan hasil diskusi	50'
<b>Fase 5</b>				

1.	Mengevaluasi jalannya presentasi	1.	Mendengarkan evaluasi dari dosen	25'
<b>Kegiatan Penutup</b>				<b>10'</b>
<b>Merumuskan hipotesis dari pertemuan 2</b>				
<b>Dosen</b>		<b>Mahasiswa</b>		
1.	Mengarahkan mahasiswa untuk membuat kesimpulan	1.	Membuat kesimpulan	5'
2.	Memberi penguatan akhir tentang materi yang dibahas	2.	Mendengarkan penguatan yang diberikan dosen	3'
3.	Menutup dengan salam dan doa	3.	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 posttest
- 2) Jenis penilaian : Tes

## Lampiran A.6 Soal Pretest

**SOAL PRETEST**

Nama :

NIM :

Alokasi Waktu : 90 menit

Amatilah graf berikut!



1. Berilah notasi graf tersebut!

*(Perseption of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

2. Hitunglah kardinalitas graf tersebut!

*(Expression of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

3. Berilah pewarnaan graf tersebut untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$ !

*(Symbolic expression of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

4. Lengkapi tabel berikut untuk  $r = 1$  dan temukan bilangan kromatiknya!

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	1	.....	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya
$x_2$	2	1	1	.....	$\{.....\} = 1$	Ya
$x_3$	.....	1	1	.....	$\{.....\} = 1$	Ya
$x_4$	2	.....	.....	2	$\{.....\} = 1$	Ya
$x_5$	.....	.....	1	.....	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_6$	2	1	1	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya
Maka bilangan kromatiknya:						

*(Manipulation of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

5. Lengkapi tabel berikut untuk  $r = 2$  dan temukan bilangan kromatiknya!

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	.....	2	1	$\{.....\} = 1$	Ya
$x_2$	.....	2	.....	.....	$\{.....\} = 2$	Ya
$x_3$	.....	.....	2	.....	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$x_4$	.....	2	.....	2	$\{.....\} = 2$	Ya
$x_5$	2	.....	.....	.....	$\{.....\} = 2$	Ya
$x_6$	.....	1	.....	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya
Maka bilangan kromatiknya:						

*(Manipulation of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

## Lampiran A.7 Soal Posttest

**SOAL POSTTEST**

Nama :

NIM :

Alokasi Waktu : 90 menit

Amatilah graf berikut!



1. Berilah notasi graf tersebut!

*(Perseption of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

2. Hitunglah kardinalitas graf tersebut!

*(Expression of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

3. Berilah pewarnaan graf tersebut untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$ !

*(Symbolic expression of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

4. Lengkapi tabel berikut untuk  $r = 1$  dan temukan bilangan kromatiknya!

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
Maka bilangan kromatiknya:						

*(Manipulation of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

5. Lengkapi tabel berikut untuk  $r = 2$  dan temukan bilangan kromatiknya!

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
Maka bilangan kromatiknya:						

*(Manipulation of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?



Lampiran A.8 Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

# LKM

## r-Dynamic Vertex Coloring



**MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

2019

# Lembar Kerja Mahasiswa

## Tes Keterampilan Generalisasi

### Kemampuan yang diharapkan

Mampu meningkatkan keterampilan generalisasi dalam menemukan dan mengembangkan pewarnaan titik dinamis (*r-dynamic vertex coloring*)



### Indikator

Mahasiswa dapat menentukan *r-dynamic vertex coloring* dari sebuah graf.

### Petunjuk !!

1. Berdoalah sebelum mengerjakan LKM
2. Tuliskan nama dan NIM pada tempat yang telah disediakan
3. Pahami permasalahan yang diberikan dengan baik
4. Kerjakan LKM sesuai dengan permasalahan yang di berikan
5. Kerjakan latihan sesuai perintah.
6. Jika terdapat hal yang tidak jelas silahkan bertanya.



**Nama** :

**NIM** :

## Pengenalan Pewarnaan Titik Dinamis ( *r-Dynamic Vertex Coloring* )

Pewarnaan titik dinamis ( *r-Dynamic Vertex Coloring* ) merupakan salah satu konsep graf. Pada LKM ini akan dibahas cara menentukan pewarnaan titik dinamis suatu graf, dengan definisi sebagai berikut :

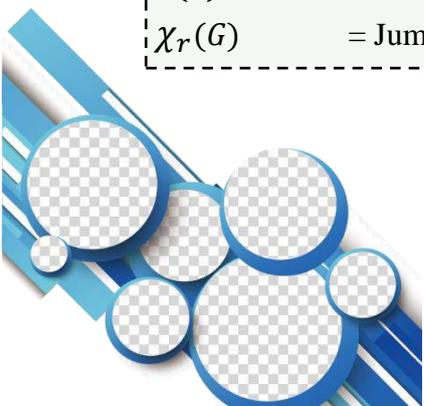
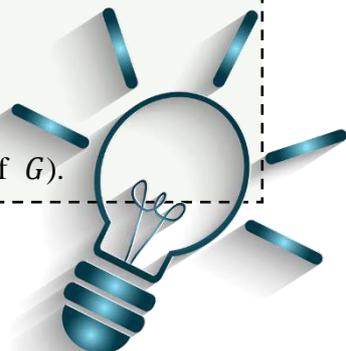
### Definisi

Lai dan Montgomery (2012) menyatakan sebuah  $k$ -pewarnaan titik dikatakan pewarnaan titik  $r$ -dinamis jika untuk setiap titik  $v \in V(G)$ ,  $|c(N(v))| \geq \min\{r, d(v)\}$ . Titik yang saling bertetangga mempunyai dua warna yang berbeda.

Jumlah warna  $r$ -dynamic dari graf  $G$  dinotasikan  $\chi_r(G)$  merupakan warna minimum  $k$  pada graf  $G$ . Jumlah berwarna 1- *Dynamic* pada Graf  $G$  adalah nilai warna yang di perkenalkan sebagai *Chromatic Number* dan dinotasikan  $\chi_d(G)$  dan untuk  $r = 2$  pada graf  $G$  adalah nilai warna yang diperkenalkan sebagai *r-Dynamic Chromatic Number*.

### Keterangan

- $V(G)$  = Himpunan titik kosong dari simpul-simpul graf  $G$  atau dapat ditulis  $V = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ .
- $E(G)$  = Himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul graf  $G$  atau dapat ditulis  $E = \{x_1x_2, x_3x_4, \dots, x_{n-1}x_n\}$ .
- $c(v)$  = Warna di titik tersebut
- $|V(G)|$  = Jumlah titik suatu graf
- $|E(G)|$  = Jumlah sisi suatu graf
- $|c(N(v))|$  = Banyaknya warna yang bertetangga
- $\chi_d(G)$  = Bilangan kromatik dinamis
- $d(v)$  = Derajat *vertex* (banyaknya cabang)
- $\chi_r(G)$  = Jumlah warna  $r$ -*Dynamic* dari graf  $G$  (warna minimum  $k$  pada graf  $G$ ).



# Kegiatan 1

## MENGORIENTASIKAN MASALAH



### Definisi

Pewarnaan titik  $r$ -dinamis jika untuk setiap titik  $v \in V(G)$ ,  $|c(N(v))| \geq \min\{r, d(v)\}$ .

### Petunjuk:

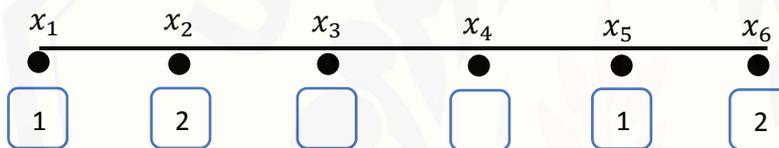
1. Amati graf
2. Beri notasi pada graf
3. Beri label/warna pada graf tersebut
4. Tuliskan kardinalitas
5. Lengkapi tabel
6. Menentukan bilangan kromatik  $\chi_r(G)$

Amatilah graf di bawah ini !

**Graf Lintasan (Path Graf) dengan 6 titik**

Notasi

$P_6$



Untuk  $r = 1$

$$V = \{x_1, \dots, x_3, \dots, x_5, x_6\}.$$

$$|V| = 6$$

$$E = \{x_1x_2, x_2x_3, \dots, x_4x_5, x_5x_6\}.$$

$$|E| = 5$$

### Rumus kardinalitas

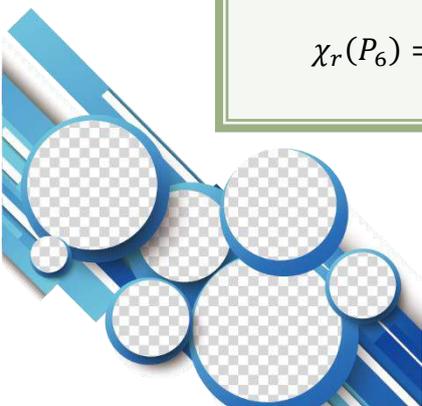
$$|V| = n$$

$$|E| = n - 1$$

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	1	.....	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya
$x_2$	2	1	1	.....	$\{.....\} = 1$	Ya
$x_3$	.....	1	1	.....	$\{.....\} = 1$	Ya
$x_4$	2	.....	.....	2	$\{.....\} = 1$	Ya
$x_5$	.....	.....	1	.....	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_6$	2	1	1	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya

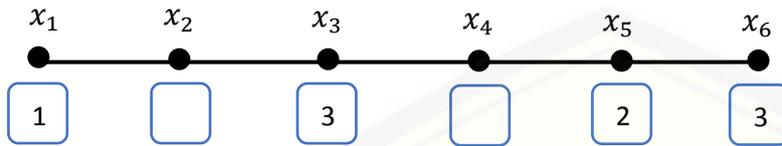
Maka:

$$\chi_r(P_6) = 2 \text{ untuk } r = 1$$





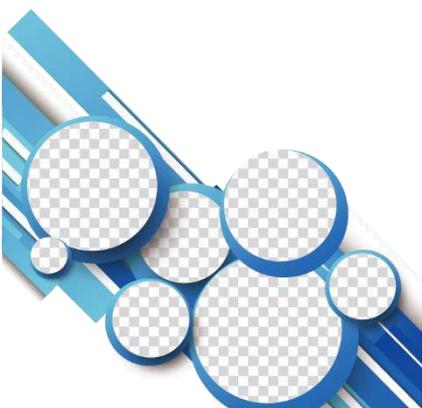
MEMBIMBING PENYELIDIKAN



Untuk  $r = 2$

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	.....	2	1	$\{.....\} = 1$	Ya
$x_2$	.....	2	.....	.....	$\{.....\} = 2$	Ya
$x_3$	.....	.....	2	.....	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$x_4$	.....	2	.....	2	$\{.....\} = 2$	Ya
$x_5$	2	.....	.....	.....	$\{.....\} = 2$	Ya
$x_6$	.....	1	.....	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya

**Maka:**  
 $\chi_r(P_6) = 3$  untuk  $r = 2$



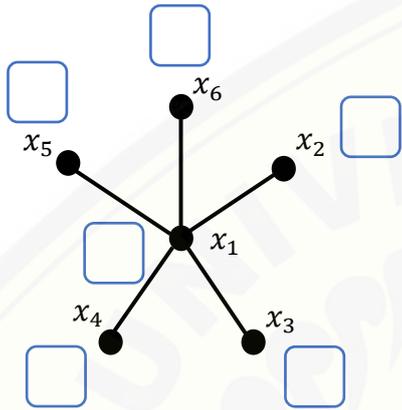
## Kegiatan 2

### MENGEMBANGKAN DAN MENYAJIKAN MASALAH

Amatilah graf di bawah ini !

**Graf Bintang (Star Graf) dengan 6 titik**

Notasi  



Untuk  $r = 1$

$V =$

$|V| =$

$E =$

$|E| =$

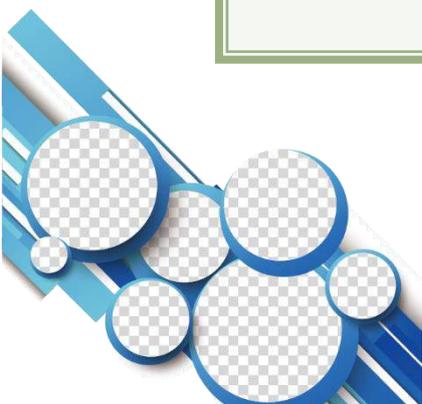
**Rumus kardinalitas**

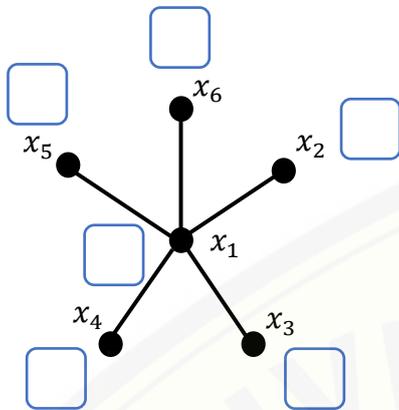
$|V| =$

$|E| =$

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$						
$x_2$						
$x_3$						
$x_4$						
$x_5$						
$x_6$						

**Maka:**





Untuk  $r = 2$

$V =$   
 $|V| =$   
 $E =$   
 $|E| =$

**Rumus kardinalitas**  
 $|V| =$   
 $|E| =$

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$						
$x_2$						
$x_3$						
$x_4$						
$x_5$						
$x_6$						

**Maka:**

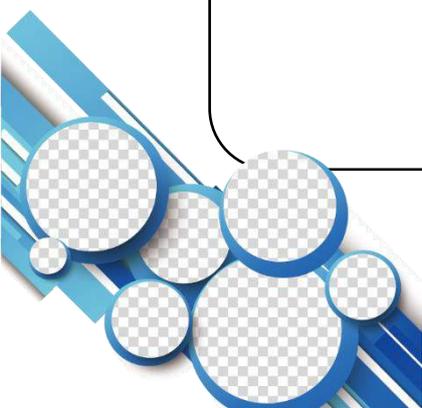


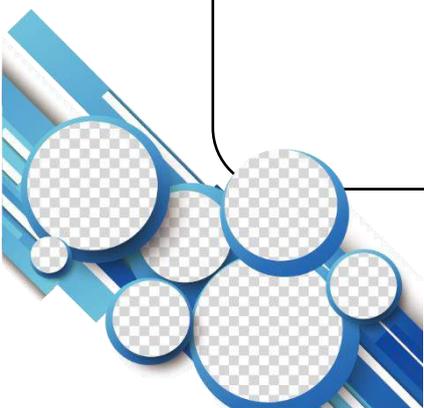
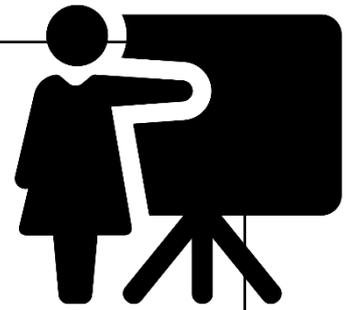
### Kegiatan 3

#### MENGANALISIS DAN MENGEVALUASI

Carilah sebuah graf (selain Path Graf dan Star Graf), kemudian tentukan:

1. Beri notasi pada graf
2. Beri label/warna pada graf tersebut
3. Tuliskan kardinalitas
4. Buat dan lengkapi tabel
5. Tentukan bilangan kromatiknya







Lampiran A.9 Kunci Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

# LKM

## r-Dynamic Vertex Coloring



**MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

2019

# Lembar Kerja Mahasiswa

## Tes Keterampilan Generalisasi

### Kemampuan yang diharapkan

Mampu meningkatkan keterampilan generalisasi dalam menemukan dan mengembangkan pewarnaan titik dinamis (*r-dynamic vertex coloring*)



### Indikator

Mahasiswa dapat menentukan *r-dynamic vertex coloring* dari sebuah graf.

### Petunjuk !!

1. Berdoalah sebelum mengerjakan LKM
2. Tuliskan nama dan NIM pada tempat yang telah disediakan
3. Pahami permasalahan yang diberikan dengan baik
4. Kerjakan LKM sesuai dengan permasalahan yang di berikan
5. Kerjakan latihan sesuai perintah.
6. Jika terdapat hal yang tidak jelas silahkan bertanya.



**Nama** :

**NIM** :

## Pengenalan Pewarnaan Titik Dinamis ( *r-Dynamic Vertex Coloring* )

Pewarnaan titik dinamis ( *r-Dynamic Vertex Coloring* ) merupakan salah satu konsep graf. Pada LKM ini akan dibahas cara menentukan pewarnaan titik dinamis suatu graf, dengan definisi sebagai berikut :

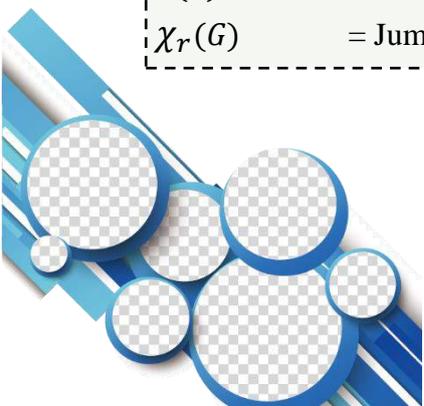
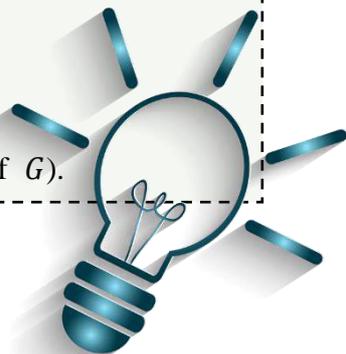
### Definisi

Lai dan Montgomery (2012) menyatakan sebuah  $k$ -pewarnaan titik dikatakan pewarnaan titik  $r$ -dinamis jika untuk setiap titik  $v \in V(G)$ ,  $|c(N(v))| \geq \min\{r, d(v)\}$ . Titik yang saling bertetangga mempunyai dua warna yang berbeda.

Jumlah warna  $r$ -dynamic dari graf  $G$  dinotasikan  $\chi_r(G)$  merupakan warna minimum  $k$  pada graf  $G$ . Jumlah berwarna 1- *Dynamic* pada Graf  $G$  adalah nilai warna yang di perkenalkan sebagai *Chromatic Number* dan dinotasikan  $\chi_d(G)$  dan untuk  $r = 2$  pada graf  $G$  adalah nilai warna yang diperkenalkan sebagai *r-Dynamic Chromatic Number*.

### Keterangan

$V(G)$	= Himpunan titik kosong dari simpul-simpul graf $G$ atau dapat ditulis $V = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ .
$E(G)$	= Himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul graf $G$ atau dapat ditulis $E = \{x_1x_2, x_3x_4, \dots, x_{n-1}x_n\}$ .
$c(v)$	= Warna di titik tersebut
$ V(G) $	= Jumlah titik suatu graf
$ E(G) $	= Jumlah sisi suatu graf
$ c(N(v)) $	= Banyaknya warna yang bertetangga
$\chi_d(G)$	= Bilangan kromatik dinamis
$d(v)$	= Derajat <i>vertex</i> (banyaknya cabang)
$\chi_r(G)$	= Jumlah warna $r$ - <i>Dynamic</i> dari graf $G$ (warna minimum $k$ pada graf $G$ ).



# Kegiatan 1

## MENGORIENTASIKAN MASALAH



### Definisi

Pewarnaan titik  $r$ -dinamis jika untuk setiap titik  $v \in V(G)$ ,  $|c(N(v))| \geq \min\{r, d(v)\}$ .

### Petunjuk:

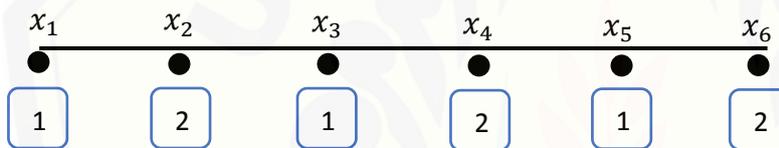
1. Amati graf
2. Beri notasi pada graf
3. Beri label/warna pada graf tersebut
4. Tuliskan kardinalitas
5. Lengkapi tabel
6. Menentukan bilangan kromatik  $\chi_r(G)$

Amatilah graf di bawah ini !

**Graf Lintasan (Path Graf) dengan 6 titik**

Notasi

$P_6$



Untuk  $r = 1$

$$\begin{aligned}
 V &= \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}. \\
 |V| &= 6 \\
 E &= \{x_1x_2, x_2x_3, x_3x_4, x_4x_5, x_5x_6\}. \\
 |E| &= 5
 \end{aligned}$$

### Rumus kardinalitas

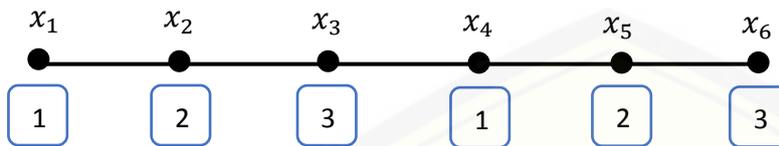
$$\begin{aligned}
 |V| &= n \\
 |E| &= n - 1
 \end{aligned}$$

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	1	1	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya
$x_2$	2	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_3$	1	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_4$	2	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_5$	1	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_6$	2	1	1	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya

Maka:

$$\chi_r(P_6) = 2 \text{ untuk } r = 1$$

MEMBIMBING PENYELIDIKAN

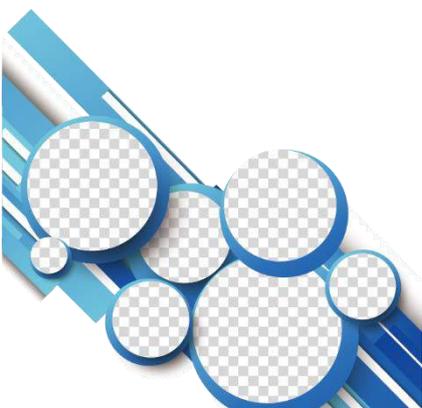


Untuk  $r = 2$

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya
$x_2$	2	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$x_3$	3	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$x_4$	1	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$x_5$	2	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$x_6$	3	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya

Maka:

$$\chi_r(P_6) = 3 \text{ untuk } r = 2$$



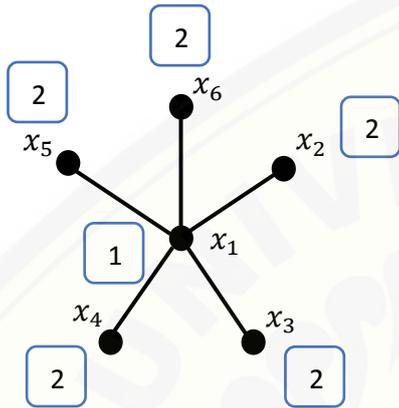
## Kegiatan 2

### MENGEMBANGKAN DAN MENYAJIKAN MASALAH

Amatilah graf di bawah ini !

**Graf Bintang (Star Graf) dengan 6 titik**

Notasi  $S_6$



Untuk  $r = 1$

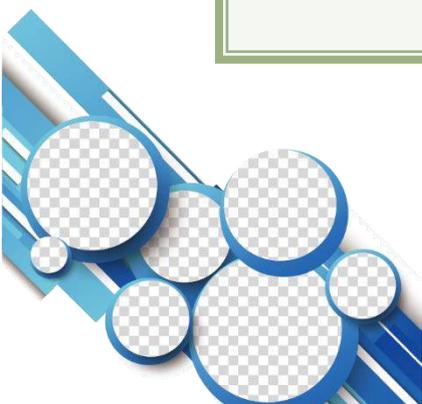
$$\begin{aligned}
 V &= \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}. \\
 |V| &= 6 \\
 E &= \{x_1x_2, x_1x_3, x_1x_4, x_1x_5, x_1x_6\}. \\
 |E| &= 5
 \end{aligned}$$

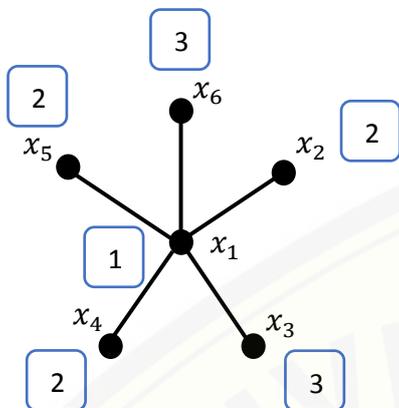
**Rumus kardinalitas**

$$\begin{aligned}
 |V| &= n \\
 |E| &= n - 1
 \end{aligned}$$

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	1	1	5	$\{1, 5\} = 1$	Ya
$x_2$	2	1	1	1	$\{1, 5\} = 1$	Ya
$x_3$	2	1	1	1	$\{1, 5\} = 1$	Ya
$x_4$	2	1	1	1	$\{1, 5\} = 1$	Ya
$x_5$	2	1	1	1	$\{1, 5\} = 1$	Ya
$x_6$	2	1	1	1	$\{1, 5\} = 1$	Ya

**Maka:**

$$\chi_r(S_6) = 2 \text{ untuk } r = 1$$


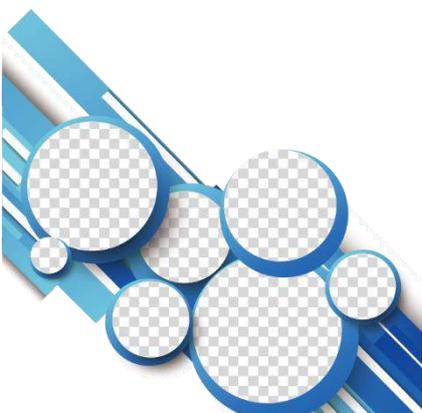


Untuk  $r = 2$

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	2	2	5	$\{2, 5\} = 2$	Ya
$x_2$	2	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya
$x_3$	3	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya
$x_4$	2	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya
$x_5$	2	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya
$x_6$	3	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya

**Maka:**

$$\chi_r(S_6) = 3 \text{ untuk } r = 2$$

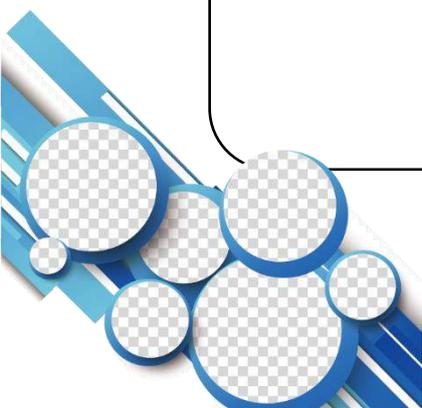


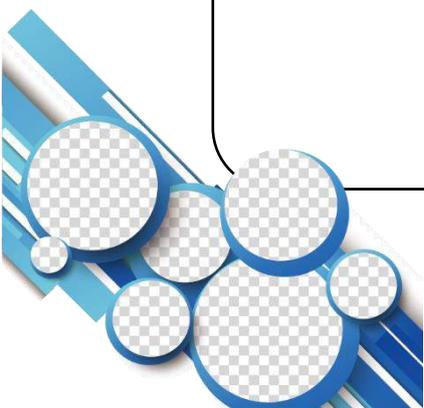
### Kegiatan 3

#### MENGANALISIS DAN MENGEVALUASI

Carilah sebuah graf (selain Path Graf dan Star Graf), kemudian tentukan:

1. Beri notasi pada graf
2. Beri label/warna pada graf tersebut
3. Tuliskan kardinalitas
4. Buat dan lengkapi tabel
5. Tentukan bilangan kromatiknya





## Lampiran A.10 Lembar Observasi Aktivitas Mahasiswa

## LEMBAR OBSERVASI AKTIVITAS MAHASISWA

Hari / tanggal observasi :  
 Mata Kuliah : Kombinatorika  
 Pokok Bahasan : Pelabelan *r-Dynamic Vertex Coloring*  
 Pertemuan ke- :

## A. Petunjuk

- Berilah tandacentang (  $\checkmark$  ) 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
<b>I. PENDAHULUAN</b>					
1.	Mahasiswa mempunyai perhatian dan rasa motivasi terhadap penyajian tujuan pembelajaran				
2.	Mahasiswa mendengarkan penjelasan dosen terkait bahan kajian yang akan di pelajari				
<b>II. KEGIATAN INTI</b>					
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				
<b>III. PENUTUP</b>					
1.	Mahasiswa dapat membuat kesimpulan				

Jember, .....2019

Observer / Pengamat

(.....)

## Lampiran A.11 Lembar Observasi Pendidik

**LEMBAR OBSERVASI KEMAMPUAN PENDIDIK DALAM  
MENGELOLA PEMBELAJARAN**

Hari / tanggal observasi :

Mata Kuliah : Kombinatorika

Pokok Bahasan : *r-Dynamic Vertex Coloring*

Pertemuan ke- :

*Petunjuk*

- Berilah tanda (√) 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
<b>I. PENDAHULUAN</b>					
1.	Memotivasi mahasiswa				
2.	Menyajikan/ memberikan masalah				
3.	Menyampaikan langkah-langkah pembelajaran				
<b>II. KEGIATAN INTI</b>					
1.	Mengorganisasi mahasiswa dalam kelompok belajar yang heterogen				
2.	Mengarahkan dan membimbing mahasiswa untuk menemukan konsep				
3.	Mendorong mahasiswa untuk terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran				
4.	Membimbing mahasiswa maupun kelompok untuk mengerjakan LKM				
5.	Memotivasi kepada kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas				
6.	Mendorong mahasiswa untuk membandingkan dan mendiskusikan jawabannya dalam diskusi kelas				
<b>III. PENUTUP</b>					

No	ASPEK YANG DINILAI	SIKAP PENILAIAN			
		1	2	3	4
1.	Memberikan penguatan dan membimbing mahasiswa untuk menyusun kesimpulan				

**Saran :**

.....

.....

.....

.....

.....

Jember, .....2019

Observer / Pengamat

(.....)

## Lampiran A.12 Angket Respon Mahasiswa

**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 *Problem Based Learning* (PBL) pada materi *r-Dynamic Vertex 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 tanda (  $\surd$  ) pada kolom yang sesuai dengan pendapatmu untuk setiap pertanyaan yang diberikan.
3. Berilah alasanmu dengan mengisi di kolom alasan.

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

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

Jember, ..... 2019

Validator

(.....)

Lampiran A.13 Pedoman Wawancara

PEDOMAN WAWANCARA

Petunjuk Wawancara

1. Wawancara dilakukan setelah mahasiswa mengerjakan LKM dan tes hasil belajar.
2. Wawancara yang dilakukan dengan mahasiswa mengacu pada pedoman wawancara.
3. Wawancara tidak harus berjalan sesuai urutan pertanyaan pada pedoman wawancara.
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. Proses wawancara didokumentasikan dengan menggunakan media audio visual.
6. Pada proses wawancara mahasiswa diminta memilih kartu tahapan proses generalisasi yang dilakukan saat mengerjakan LKM.

Pedoman wawancara sebagai berikut :

Tahapan Keterampilan Generalisasi	Pertanyaan
<p>• <b>Perception of generality</b></p> <p>Amanilah graf di bawah ini !</p> <p>Graf Bintang (Star Graf) dengan 6 titik <span style="float: right;">Notasi: <input type="text"/></span></p> 	<p>• Tahapan apa yang Anda lakukan pada saat mendapatkan permasalahan tersebut?</p>
<p>• <b>Expression of generality</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p><math>V =</math></p> <p><math> V  =</math></p> <p><math>E =</math></p> <p><math> E  =</math></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 20px;"> <p>Formas kardinalitas</p> <p><math> V  =</math></p> <p><math> E  =</math></p> </div>	<p>• Tahapan apa yang Anda lakukan pada saat mendapatkan permasalahan tersebut?</p>

Tahapan Keterampilan Generalisasi	Pertanyaan																																																	
<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Symbolic expression of generality</i></li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tahapan apa yang Anda lakukan pada saat mendapatkan permasalahan tersebut?</li> </ul>																																																	
<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Manipulation of generality</i></li> </ul> <table border="1" data-bbox="303 694 853 884"> <thead> <tr> <th><math>p</math></th> <th><math>r(p)</math></th> <th><math> r(N(p)) </math></th> <th><math>r</math></th> <th><math>d(r)</math></th> <th><math>\text{min}(r, d(r))</math></th> <th>Memenuhkan <math> r(N(p))  \geq \text{min}(r, d(r))</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><math>s_1</math></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td><math>s_2</math></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td><math>s_3</math></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td><math>s_4</math></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td><math>s_5</math></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td><math>s_6</math></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Maka:</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	$p$	$r(p)$	$ r(N(p)) $	$r$	$d(r)$	$\text{min}(r, d(r))$	Memenuhkan $ r(N(p))  \geq \text{min}(r, d(r))$	$s_1$							$s_2$							$s_3$							$s_4$							$s_5$							$s_6$							<ul style="list-style-type: none"> <li>Tahapan apa yang Anda lakukan pada saat mendapatkan permasalahan tersebut?</li> </ul>
$p$	$r(p)$	$ r(N(p)) $	$r$	$d(r)$	$\text{min}(r, d(r))$	Memenuhkan $ r(N(p))  \geq \text{min}(r, d(r))$																																												
$s_1$																																																		
$s_2$																																																		
$s_3$																																																		
$s_4$																																																		
$s_5$																																																		
$s_6$																																																		

**Lampiran B.1** Lembar Validasi Rencana Pembelajaran (RP)

**LEMBAR VALIDASI  
RENCANA PEMBELAJARAN (RP)**

Mata Kuliah : Kombinatorika

Materi : Pelabelan *r-Dynamic Vertex Coloring*

Kelas/Semester :

Nama Validator :

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini digunakan untuk mengukur kevalidan RP dalam pelaksanaan pembelajaran matematika yang implementasinya menggunakan pendekatan pembelajaran *Problem Based Learning (PBL)* untuk meningkatkan keterampilan generalisasi mahasiswa.

**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				

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
3.	Ketepatan penjabaran kompetensi dasar kedalam indikator				
4.	Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran				
5.	Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan peserta didik				
II. Isi SAP					
1.	Sistematika penyusunan RP				
2.	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model <i>Problem Based Learning (PBL)</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*

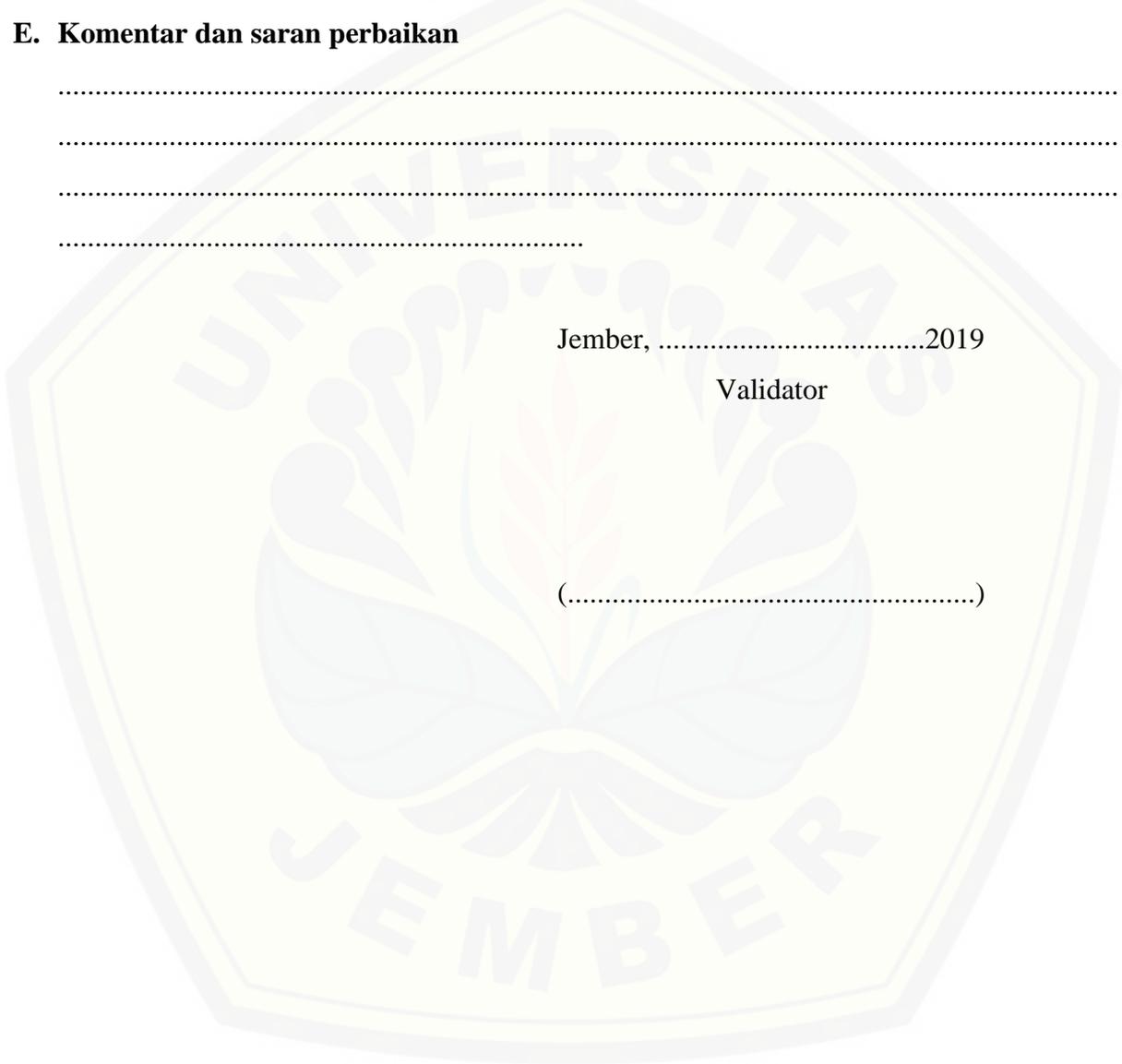
**E. Komentar dan saran perbaikan**

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

Jember, .....2019

Validator

(.....)





**D. Komentar dan Saran Perbaikan :**

.....

.....

.....

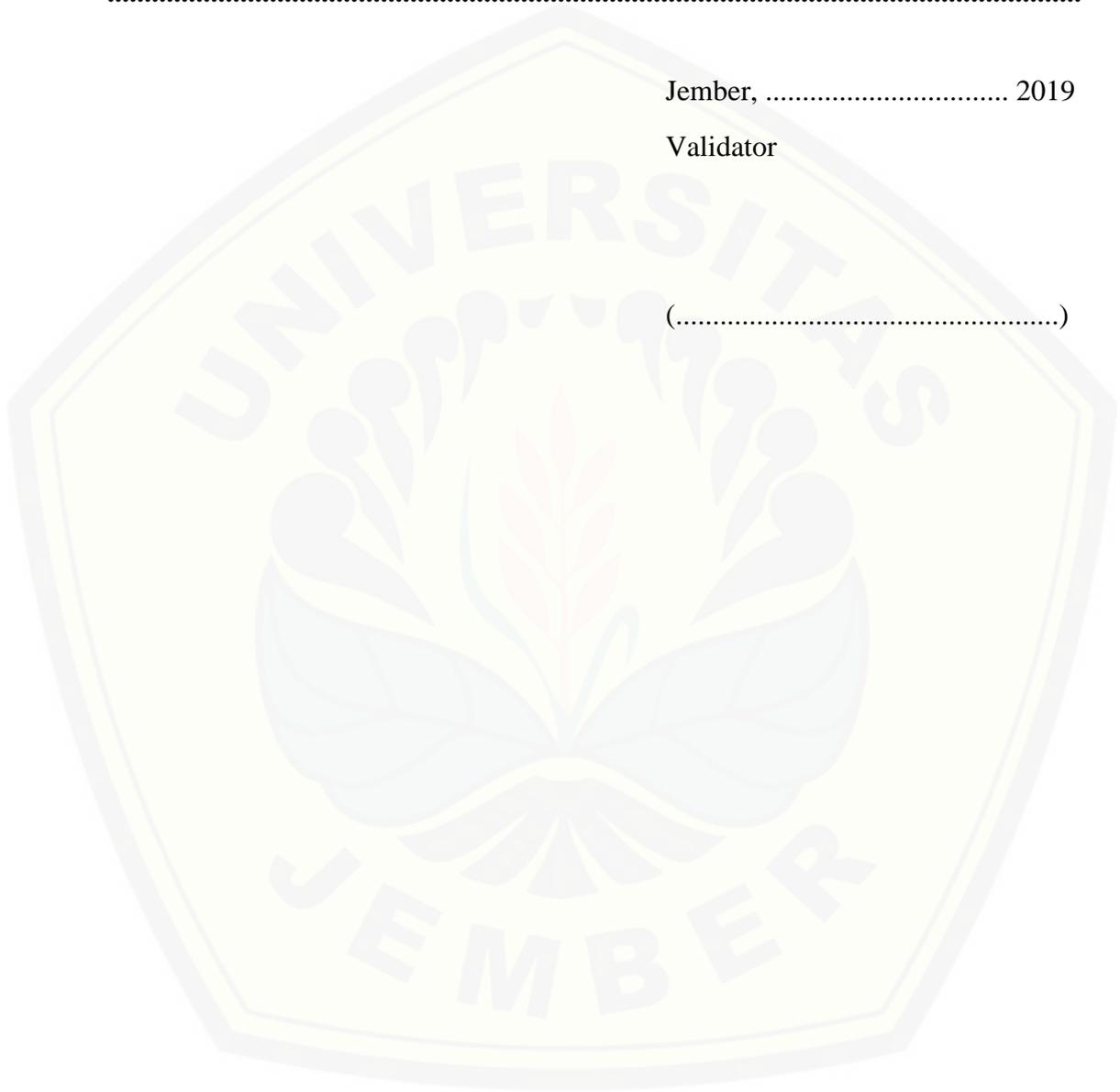
.....

.....

Jember, ..... 2019

Validator

(.....)





- 1 : Tidak Baik
- 2 : Kurang Baik
- 3 : Cukup Baik
- 4 : Baik

b. Rencana 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

**D. Komentar dan Saran Perbaikan :**

.....

.....

.....

.....

.....

Jember, ..... 2019

Validator

(.....)

## Lampiran B.4 Rubrik Penilaian LKM

**RUBRIK PENILAIAN LKM**  
(LEMBAR KERJA MAHASISWA)

**I. Aspek format LKM**

No.	Indikator penilaian	Rubrik
1.	LKM memiliki petunjuk pengerjaan yang jelas	(1) Jika petunjuk pengerjaan tidak jelas (2) Jika petunjuk pengerjaan kurang jelas (3) Jika petunjuk pengerjaan cukup jelas (4) Jika petunjuk pengerjaan sudah jelas

**II. Aspek isi LKM**

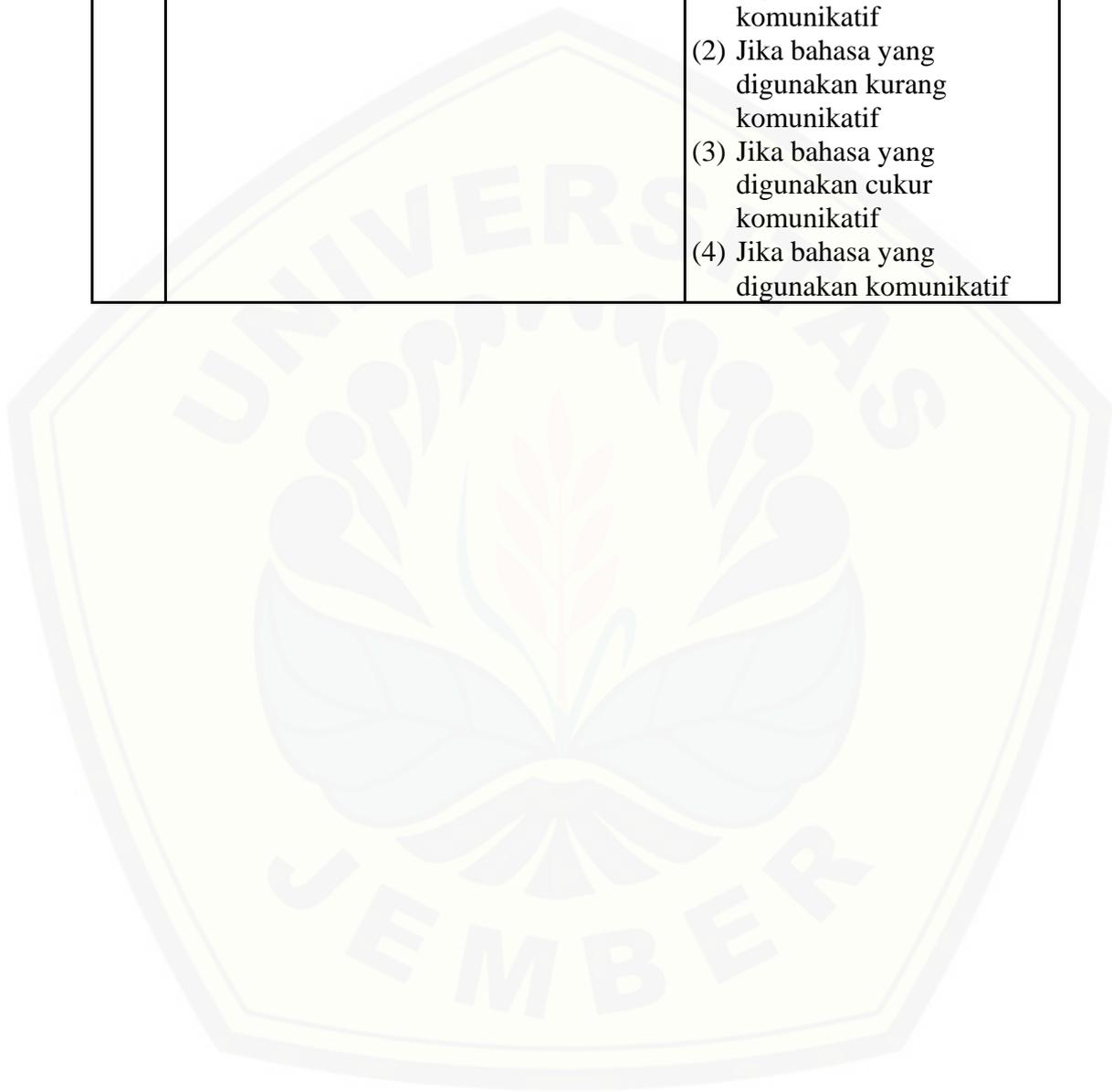
No.	Indikator penilaian	Rubrik
1.	LKM disajikan secara sistematis	(1) Jika LKM disajikan tidak secara sistematis (2) Jika LKM disajikan kurang secara sistematis (3) Jika LKM disajikan cukup secara sistematis (4) Jika LKM disajikan sudah secara sistematis
2.	Kebenaran konsep dan materi	(1) Jika konsep dan materi tidak benar (2) Jika konsep dan materi kurang benar (3) Jika konsep dan materi cukup benar (4) Jika konsep dan materi sudah benar
3.	Masalah yang diangkat sesuai dengan kognisi mahasiswa	(1) Jika masalah yang diangkat tidak sesuai dengan kognisi peserta (2) Jika masalah yang diangkat kurang sesuai dengan kognisi peserta (3) Jika masalah yang diangkat cukup sesuai dengan kognisi peserta (4) Jika masalah yang diangkat sudah sesuai dengan kognisi peserta
4.	Setiap kegiatan mempunyai tujuan yang	(1) Jika setiap kegiatan

No.	Indikator penilaian	Rubrik
	jelas	<p>mempunyai tujuan yang tidak jelas</p> <p>(2) Jika setiap kegiatan mempunyai tujuan yang kurang jelas</p> <p>(3) Jika setiap kegiatan mempunyai tujuan yang cukup jelas</p> <p>(4) Jika setiap kegiatan mempunyai tujuan yang sudah jelas</p>
5.	Kegiatan yang disajikan menumbuhkan keterampilan generalisasi mahasiswa	<p>(1) Jika kegiatan yang disajikan tidak menumbuhkan keterampilan generalisasi mahasiswa</p> <p>(2) Jika kegiatan yang disajikan kurang menumbuhkan keterampilan generalisasi mahasiswa</p> <p>(3) Jika kegiatan yang disajikan cukup menumbuhkan keterampilan generalisasi mahasiswa</p> <p>(4) Jika kegiatan yang disajikan sudah menumbuhkan keterampilan generalisasi mahasiswa</p>
6.	Penyajian LKM menarik	<p>(1) Jika penyajian LKM tidak menarik</p> <p>(2) Jika penyajian LKM kurang menarik</p> <p>(3) Jika penyajian LKM cukup menarik</p> <p>(4) Jika penyajian LKM sudah menarik</p>

**III. Bahasa dan tulisan**

<b>No.</b>	<b>Indikator penilaian</b>	<b>Rubrik</b>
1.	Soal dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan makna ganda atau ambigu	(1) Jika soal tidak dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan makna ganda atau ambigu (2) Jika soal kurang dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan makna ganda atau ambigu (3) Jika soal cukup dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan makna ganda atau ambigu (4) Jika soal sudah dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan makna ganda atau ambigu
2.	Menggunakan istilah-istilah yang mudah dipahami	(1) Jika tidak menggunakan istilah-istilah yang mudah dipahami (2) Jika kurang menggunakan istilah-istilah yang mudah dipahami (3) Jika cukup menggunakan istilah-istilah yang mudah dipahami (4) Jika sudah menggunakan istilah-istilah yang mudah dipahami
3.	Dirumuskan dengan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang baku (EYD)	(1) Jika tidak dirumuskan dengan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang baku (EYD) (2) Jika kurang dirumuskan dengan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang baku (EYD) (3) Jika cukup dirumuskan dengan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang

No.	Indikator penilaian	Rubrik
		baku (EYD) (4) Jika sudah dirumuskan dengan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang baku (EYD)
4.	Bahasa yang digunakan komunikatif	(1) Jika bahasa yang digunakan tidak komunikatif (2) Jika bahasa yang digunakan kurang komunikatif (3) Jika bahasa yang digunakan cukup komunikatif (4) Jika bahasa yang digunakan komunikatif





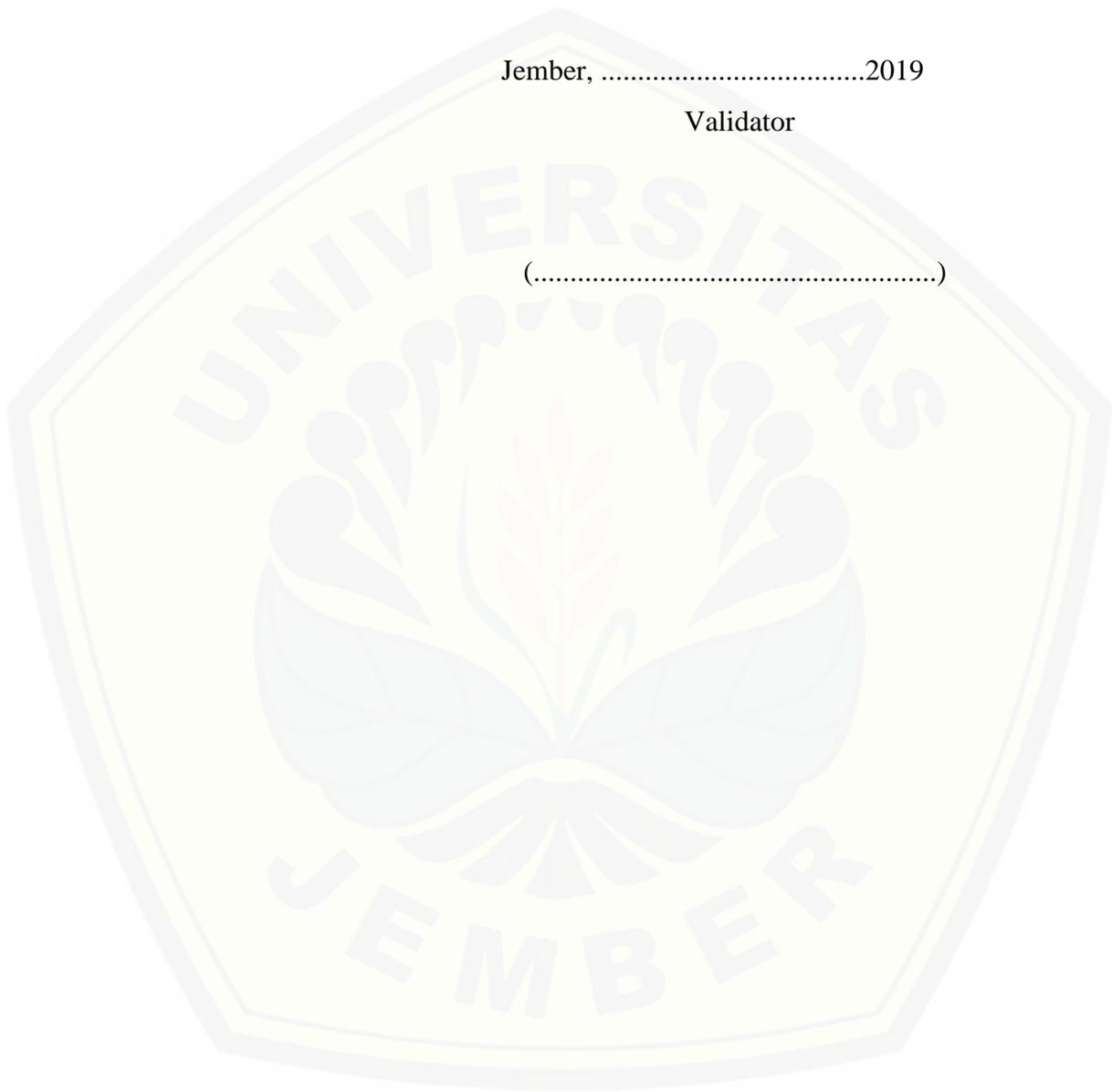
**D. Komentar dan Saran Perbaikan :**

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

Jember, .....2019

Validator

(.....)



## Lampiran B.6 Rubrik Penilaian Lembar Validasi Observasi Aktivitas Mahasiswa

**RUBRIK PENILAIAN LEMBAR VALIDASI  
OBSERVASI AKTIVITAS MAHASISWA**

## I. Aspek Format

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Format jelas sehingga memudahkan observer melakukan pengisian	(1) Jika format tidak jelas sehingga tidak memudahkan observer melakukan pengisian
		(2) Jika format kurang jelas sehingga kurang memudahkan observer melakukan pengisian
		(3) Jika format cukup jelas sehingga cukup memudahkan observer melakukan pengisian
		(4) Jika format jelas sehingga memudahkan observer melakukan pengisian

## II. Aspek Isi

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Kesesuaian dengan aktivitas mahasiswa dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	(1) Jika aktivitas mahasiswa tidak sesuai dengan RPP
		(2) Jika aktivitas mahasiswa kurang sesuai dengan RPP
		(3) Jika aktivitas mahasiswa cukup sesuai dengan RPP
		(4) Jika aktivitas mahasiswa sudah sesuai dengan RPP
2.	Urutan observasi sesuai dengan urutan aktivitas dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	(1) Jika urutan observasi tidak sesuai dengan urutan aktivitas dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)
		(2) Jika urutan observasi kurang sesuai dengan urutan aktivitas dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)
		(3) Jika urutan observasi cukup sesuai dengan urutan aktivitas dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)
		(4) Jika urutan observasi sesuai dengan urutan aktivitas dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)
3.		(1) Jika setiap aktivitas mahasiswa tidak dapat teramati

	Setiap aktivitas mahasiswa dapat teramati	(2) Jika setiap aktivitas mahasiswa kurang dapat teramati
		(3) Jika setiap aktivitas mahasiswa cukup dapat teramati
		(4) Jika setiap aktivitas mahasiswa dapat teramati

### III. Aspek Bahasa dan Tulisan

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)	(1) Jika bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(2) Jika bahasa yang digunakan kurang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(3) Jika bahasa yang digunakan cukup sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(4) Jika bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
2.	Bahasa yang digunakan mudah dipahami	(1) Jika bahasa yang digunakan tidak mudah dipahami
		(2) Jika bahasa yang digunakan kurang mudah dipahami
		(3) Jika bahasa yang digunakan cukup mudah dipahami
		(4) Jika bahasa yang digunakan mudah dipahami

**Lampiran B.7** Lembar Validasi Observasi Pendidik

**LEMBAR VALIDASI OBSERVASI KEMAMPUAN PENDIDIK DALAM  
MENGELOLA PEMBELAJARAN**

**A. Petunjuk**

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

**B. Penilaian ditinjau dari beberapa aspek**

No.	ASPEK YANG DINILAI	SKALA PENILAIAN			
		1	2	3	4
<b>I. FORMAT</b>					
1.	Format memudahkan observer melakukan pengisian				
2.	Lembar observasi memiliki komponen yang lengkap				
<b>II. BAHASA</b>					
1.	Kesesuaian dengan EYD				
2.	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif				
3.	Bahasa yang digunakan tidak ambigu				
4.	Kejelasan petunjuk dan arahan				
<b>III. PENUTUP</b>					
1.	Kesesuaian aktivitas mahasiswa dengan Satuan Acara Perkuliahan (SAP)				
2.	Kesesuaian urutan observasi dengan urutan aktivitas mahasiswa dalam dengan Satuan Acara Perkuliahan (SAP)				
3.	Pernyataan dirumuskan secara jelas, spesifik dan operasional sehingga mudah diukur				

**C. Penilaian umum**

Kesimpulan penilaian secara umum\*\*):

a. Lembar observasi kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran ini:

1 : berarti “tidak baik”

2 : berarti “cukup baik”

3 : berarti “baik”

4 : berarti “sangat baik”

b. Lembar observasi kemampuan pendidik dalam mengelola 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*

**D. Komentar dan saran perbaikan**

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

Jember, .....2019

Validator

(.....)

## Lampiran B.8 Rubrik Penilaian Lembar Validasi Observasi Pendidik

## RUBRIK PENILAIAN

## VALIDASI OBSERVASI AKTIVITAS PENDIDIK

## I. Aspek Kegiatan Pendahuluan

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Pendidik membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam dan berdo'a	<p>(1) Jika pendidik tidak membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam dan berdo'a</p> <p>(2) Jika pendidik hanya membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam</p> <p>(3) Jika pendidik hanya membuka pembelajaran dengan berdo'a</p> <p>(4) Jika pendidik membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam dan berdo'a</p>
2.	Pendidik memeriksa kehadiran mahasiswa	<p>(1) Jika pendidik tidak memeriksa kehadiran mahasiswa</p> <p>(2) Jika pendidik memeriksa kehadiran mahasiswa dengan bertanya saja</p> <p>(3) Jika pendidik memeriksa kehadiran mahasiswa dengan melihat jurnal atau daftar hadir</p> <p>(4) Jika pendidik memeriksa kehadiran mahasiswa dengan memanggil satu persatu sesuai presensi</p>
3.	Pendidik menanyakan kesiapan mahasiswa untuk menerima Pelajaran	<p>(1) Jika pendidik menanyakan kesiapan mahasiswa untuk menerima pelajaran tidak jelas</p> <p>(2) Jika pendidik menanyakan kesiapan kesiapan mahasiswa untuk menerima pelajaran dengan kurang jelas</p> <p>(3) Jika pendidik menanyakan kesiapan kesiapan mahasiswa untuk menerima pelajaran dengan cukup jelas</p> <p>(4) Jika pendidik menanyakan kesiapan kesiapan mahasiswa untuk menerima pelajaran dengan jelas</p>

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
4.	Pendidik menyampaikan apersepsi	(1) Jika pendidik tidak jelas menyampaikan apersepsi (2) Jika pendidik kurang jelas menyampaikan apersepsi (3) Jika pendidik cukup jelas menyampaikan apersepsi (4) Jika pendidik jelas menyampaikan apersepsi
5.	Pendidik menyampaikan tujuan pembelajaran yang hendak dicapai	(1) Jika pendidik tidak menyampaikan tujuan pembelajaran yang hendak dicapai (2) Jika pendidik kurang jelas menyampaikan tujuan pembelajaran yang hendak dicapai (3) Jika pendidik tidak menyampaikan tujuan pembelajaran yang hendak dicapai dengan cukup jelas (4) Jika pendidik tidak menyampaikan tujuan pembelajaran yang hendak dicapai dengan cukup jelas

## II. Kegiatan inti

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Pendidik mengingatkan kembali materi sebelumnya/materi prasyarat	(1) Jika pendidik tidak mengingatkan kembali materi sebelumnya/ materi prasyarat (2) Jika pendidik kurang jelas mengingatkan kembali materi sebelumnya/ materi prasyarat (3) Jika pendidik cukup jelas mengingatkan kembali materi sebelumnya/ materi prasyarat (4) Jika pendidik mengingatkan kembali materi sebelumnya/ materi prasyarat dengan jelas
2.	Pendidik menjelaskan materi	(1) Jika pendidik tidak jelas menjelaskan materi (2) Jika pendidik kurang jelas menjelaskan materi (3) Jika pendidik cukup jelas

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
		menjelaskan materi (4) Jika pendidik menjelaskan materi dengan jelas
3.	Pendidik membentuk kelas menjadi kelompok-kelompok	(1) Jika pendidik tidak membentuk kelas menjadi kelompok-kelompok (2) Jika mahasiswa ada yang tidak mendapat kelompok (3) Jika pendidik membagi kelompok tidak sesuai dengan jumlah yang ditentukan (4) Jika pendidik membentuk kelompoksesuai ketentuan
4.	Pendidik membagikan LKM kepada mahasiswa	(1) Jika pendidik tidak membagikan LKM kepada mahasiswa (2) Jika pendidik membagikan LKM kurang dari jumlah mahasiswa (3) Jika pendidik tidak membagikan LKM lebih dari jumlah mahasiswa (4) Jika pendidik membagikan LKM sesuai dengan jumlah mahasiswa
5.	Pendidik menjadi fasilitator dalam mengerjakan LKM	(1) Jika pendidik mengajari semua permasalahan pada LKM (2) Jika pendidik mengajari 2 permasalahan pada LKM (3) Jika pendidik mengajari 1 permasalahan pada LKM (4) Jika pendidik mengawasi serta memebrikan petunjuk dalam pengerjaan LKM
6.	Pendidik menjadi moderator dalam pelaksanaan debat	(1) Jika pendidik hanya mengawasi jalannya debat (2) Jika pendidik mengawasi dan mengatur jalannya debat (3) Jika pendidik mengawasi dan meminta alasan mengenai jawaban (4) Jika pendidik mengawasi, meminta alasan, serta menyimpulkan debat
7.	Pendidik membahas hasil debat	(1) Jika pendidik tidak jelas dalam

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
		membahas hasil debat (2) Jika pendidik kurang jelas dalam membahas hasil debat (3) Jika pendidik cukup jelas dalam membahas hasil debat (4) Jika pendidik jelas dalam membahas hasil debat

### III. Aspek kegiatan penutup

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Pendidik menyimpulkan materi bersama mahasiswa	(1) Jika pendidik tidak jelas dalam menyimpulkan materi bersama mahasiswa (2) Jika pendidik kurang jelas dalam menyimpulkan materi bersama mahasiswa (3) Jika pendidik cukup jelas dalam menyimpulkan materi bersama mahasiswa (4) Jika pendidik jelas dalam menyimpulkan materi bersama mahasiswa
2.	Pendidik menanyakan apakah mahasiswa mengalami kesulitan dalam pembelajaran.	(1) Jika pendidik tidak jelas dalam menanyakan kesulitan mahasiswa (2) Jika pendidik kurang jelas dalam menanyakan kesulitan mahasiswa (3) Jika pendidik cukup jelas dalam menanyakan kesulitan mahasiswa (4) Jika pendidik jelas dalam menanyakan kesulitan mahasiswa
3.	Pendidik mengucapkan salam dan berdoa diakhir pembelajaran	(1) Jika pendidik tidak mengucapkan salam dan berdoa diakhir pembelajaran (2) Jika pendidik hanya mengucapkan salam diakhir pembelajaran (3) Jika pendidik hanya berdoa diakhir pembelajaran (4) Jika pendidik mengucapkan salam dan berdoa

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
		Diakhir pembelajaran
4.	Pendidik melaksanakan pembelajaran sesuai dengan urutan yang ada pada RPP	(1) Jika pendidik melaksanakan pembelajaran tidak memakai panduan RPP (2) Jika pendidik melaksanakan pembelajaran tidak sesuai dengan urutan yang ada pada RPP (ada yang dilaksanakan ada yang tidak) (3) Jika pendidik melaksanakan pembelajaran tidak sesuai dengan urutan yang ada pada RPP (acak) (4) Jika pendidik melaksanakan pembelajaran sesuai dengan urutan yang ada pada RPP
5.	Pendidik melaksanakan pembelajaran sesuai dengan alokasi waktu	(1) Jika pendidik melaksanakan pembelajaran melebihi waktu yang ditentukan (2) Jika pendidik melaksanakan pembelajaran kurang dari waktu yang ditentukan (3) Jika pendidik melaksanakan pembelajaran tidak sesuai dengan alokasi waktu yang ditentukan namun berakhir sesuai dengan jadwal (4) Jika pendidik melaksanakan pembelajaran sesuai dengan alokasi waktu.

## Lampiran B.9 Lembar Validasi Angket Respon Mahasiswa

**LEMBAR VALIDASI**  
**ANGKET RESPON MAHASISWA TERHADAP LKM**

**A. Petunjuk Pengisian**

1. Mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda *check* ( ✓ ) pada lajur yang tersedia berdasarkan beberapa aspek yang diberikan di bawah ini.
2. Bapak/Ibu dapat memberikan komentar dan saran perbaikan pada lembar angket respon mahasiswa atau pada tempat yang telah tersedia pada lembar validasi.

**B. Keterangan Skor Penilaian :**

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

**C. Penilaian ditinjau dari beberapa aspek**

No.	Aspek yang Dinilai	Skor Penilaian			
		1	2	3	4
<b>I. Format</b>					
1.	Format jelas sehingga memudahkan mahasiswa melakukan pengisian				
<b>II. Isi</b>					
1.	Pertanyaan pada angket sesuai dengan isi pada LKM				
2.	Angket dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM				
<b>III. Bahasa dan Tulisan</b>					
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)				
2.	Bahasa yang digunakan mudah dipahami				

**D. Komentar dan Saran Perbaikan :**

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

Jember, .....2019

Validator

(.....)

## Lampiran B.10 Rubrik Penilaian Lembar Validasi Angket Respon Mahasiswa

**RUBRIK PENILAIAN LEMBAR VALIDASI  
ANGKET RESPON MAHASISWA TERHADAP LKM**

## I. Aspek Format

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Format jelas sehingga memudahkan mahasiswa melakukan pengisian	(1) Jika format tidak jelas sehingga tidak memudahkan mahasiswa melakukan pengisian
		(2) Jika format kurang jelas sehingga kurang memudahkan mahasiswa melakukan pengisian
		(3) Jika format cukup jelas sehingga cukup memudahkan mahasiswa melakukan pengisian
		(4) Jika format jelas sehingga memudahkan mahasiswa melakukan pengisian

## II. Aspek Isi

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Pertanyaan pada angket sesuai dengan isi pada LKM	(1) Jika pertanyaan pada angket tidak sesuai dengan isi pada LKM
		(2) Jika pertanyaan pada angket kurang sesuai dengan isi pada LKM
		(3) Jika pertanyaan pada angket cukup sesuai dengan isi pada LKM
		(4) Jika pertanyaan pada angket sudah sesuai dengan isi pada LKM
2.	Angket dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM	(1) Jika angket tidak dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM
		(2) Jika angket kurang dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM
		(3) Jika angket cukup dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM
		(4) Jika angket dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM

## III. Aspek Bahasa dan Tulisan

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)	(1) Jika bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(2) Jika bahasa yang digunakan kurang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(3) Jika bahasa yang digunakan cukup sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(4) Jika bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
2.	Bahasa yang digunakan mudah dipahami	(1) Jika bahasa yang digunakan tidak mudah dipahami
		(2) Jika bahasa yang digunakan kurang mudah dipahami
		(3) Jika bahasa yang digunakan cukup mudah dipahami
		(4) Jika bahasa yang digunakan mudah dipahami

**Lampiran B.11** Lembar Validasi Pedoman Wawancara

**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 pelabelan *r-Dynamic Vertex 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 generalisasi				
2	Pertanyaan yang diajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar				
3	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda				
4	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah 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

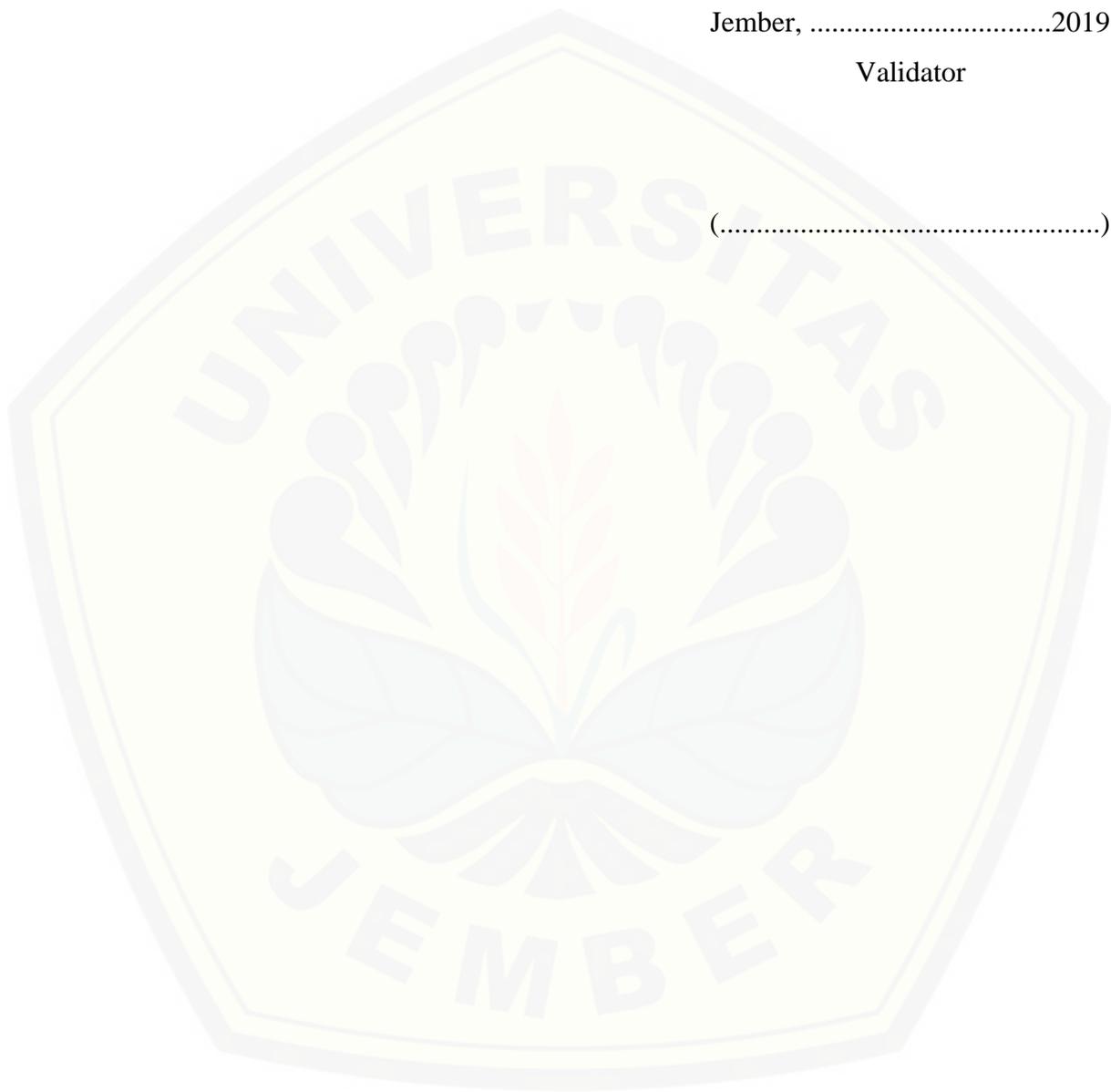
**D. Komentor dan Saran Perbaikan**

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

Jember, .....2019

Validator

(.....)



## Lampiran B.12. Rubrik Penilaian Lembar Validasi Pedoman Wawancara

**RUBRIK PENILAIAN LEMBAR VALIDASI****PEDOMAN WAWANCARA**

## I. Aspek Format

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Format jelas sehingga memudahkan mahasiswa melakukan pengisian	(1) Jika format tidak jelas sehingga tidak memudahkan mahasiswa melakukan pengisian
		(2) Jika format kurang jelas sehingga kurang memudahkan mahasiswa melakukan pengisian
		(3) Jika format cukup jelas sehingga cukup memudahkan mahasiswa melakukan pengisian
		(4) Jika format jelas sehingga memudahkan mahasiswa melakukan pengisian

## II. Aspek Isi

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Pertanyaan pada pedoman wawancara sesuai dengan isi pada LKM	(1) Jika pertanyaan pada pedoman wawancara tidak sesuai dengan isi pada LKM
		(2) Jika pertanyaan pada pedoman wawancara kurang sesuai dengan isi pada LKM
		(3) Jika pertanyaan pada pedoman wawancara cukup sesuai dengan isi pada LKM
		(4) Jika pertanyaan pada pedoman wawancara sudah sesuai dengan isi pada LKM
2.	Pedoman wawancara dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM	(1) Jika pedoman wawancara tidak dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM
		(2) Jika pedoman wawancara kurang dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM
		(3) Jika pedoman wawancara cukup dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM
		(4) Jika pedoman wawancara dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM

## III. Aspek Bahasa dan Tulisan

No.	Indikator Penilaian	Rubrik
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)	(1) Jika bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(2) Jika bahasa yang digunakan kurang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(3) Jika bahasa yang digunakan cukup sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
		(4) Jika bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa yang baku
2.	Bahasa yang digunakan mudah dipahami	(1) Jika bahasa yang digunakan tidak mudah dipahami
		(2) Jika bahasa yang digunakan kurang mudah dipahami
		(3) Jika bahasa yang digunakan cukup mudah dipahami
		(4) Jika bahasa yang digunakan mudah dipahami

## Lampiran C.1 Hasil Validasi Rencana Pembelajaran (RP)

**LEMBAR VALIDASI  
RENCANA PEMBELAJARAN (RP)**

Mata Kuliah : Kombinatorika

Materi : Pelabelan *r-Dynamic Vertex Coloring*

Kelas/Semester :

Nama Validator :

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini digunakan untuk mengukur kevalidan RP dalam pelaksanaan pembelajaran matematika yang implementasinya menggunakan pendekatan pembelajaran *ProblemBased Learning (PBL)* untuk meningkatkan keterampilan generalisasi mahasiswa.

**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				✓

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
3.	Ketepatan penjabaran kompetensi dasar kedalam indikator				✓
4.	Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran				✓
5.	Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan peserta didik				✓
<b>II. Isi SAP</b>					
1.	Sistematika penyusunan RP				✓
2.	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model <i>ProblemBased Learning (PBL)</i>			✓	
3.	Kejelasan tahap-tahap kegiatan pembelajaran dari pendahuluan, inti, dan penutup				✓
<b>III. Bahasa dan tulisan</b>					
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)				✓
2.	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif dan mudah dipahami				✓
<b>IV. Waktu</b>					
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, 2 oktober 2019

Validator

  
(Ridho Alfarisi, S.Pd., M.Si.)

Lampiran C.2 Hasil Validasi *Pretest* dan *Posttest*LEMBAR VALIDASI *PRETEST* DAN *POSTTEST*

## A. Petunjuk

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

*Keterangan skala penilaian :*

1 : berarti "*tidak baik*"

3 : berarti "*cukup baik*"

2 : berarti "*kurang baik*"

4 : berarti "*baik*"

## B. Penilaian ditinjau dari beberapa aspek

No	ASPEK YANG DINILAI	SIKAP PENILAIAN			
		1	2	3	4
<b>I. FORMAT</b>					
1.	<i>Pretest</i> dan <i>posttest</i> memiliki petunjuk pengerjaan yang jelas				✓
<b>II. BAHASA</b>					
1.	Soal dirumuskan dengan bahasa yang sederhana dan tidak menimbulkan penafsiran ganda				✓
2.	Menggunakan istilah-istilah yang mudah dipahami				✓
3.	Dirumuskan dengan mengikuti kaedah Bahasa Indonesia yang baku (EYD)				✓
<b>III. ISI LKM</b>					
1.	Soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> sesuai dengan materi yang telah diajarkan				✓
2.	Tingkat kesulitan soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> sesuai dengan kemampuan kognitif mahasiswa			✓	
3.	Permasalahan pada <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> mampu meningkatkan keterampilan generalisasi mahasiswa			✓	

**D. Komentar dan Saran Perbaikan :**

.....

.....

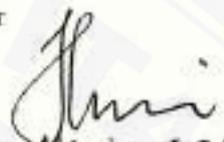
.....

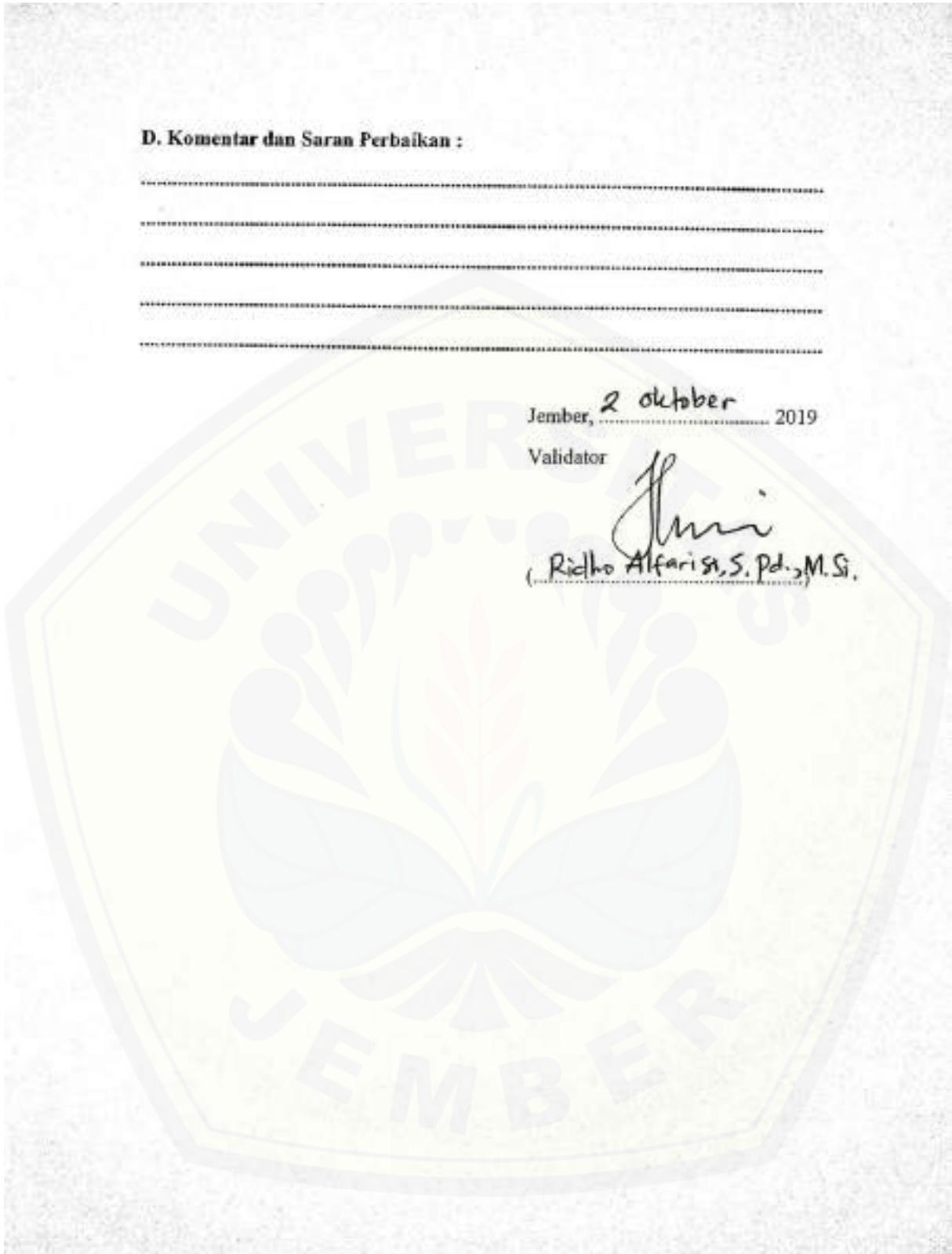
.....

.....

Jember, 2 oktober 2019

Validator

  
(Ridho Alfari, S. Pd., M. Si.)





1 : Tidak Baik

2 : Kurang Baik

3 : Cukup Baik

4 : Baik

b. Rencana 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

D. Komentar dan Saran Perbaikan :

.....

.....

.....

.....

.....

Jember, 20 Oktober 2019

Validator

*Jhuri*  
( Ridho Alfarisi, S. Pd., M. Si )

## Lampiran C.4 Hasil Validasi Observasi Aktivitas Mahasiswa

**LEMBAR VALIDASI  
OBSERVASI AKTIVITAS MAHASISWA**

**A. Petunjuk Pengisian**

1. Mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda *check* (✓) pada lajur yang tersedia berdasarkan beberapa aspek yang diberikan di bawah ini.
2. Bapak/Ibu dapat memberikan komentar dan saran perbaikan pada lembar observasi aktivitas mahasiswa atau pada tempat yang telah tersedia pada lembar validasi.

**B. Keterangan Skor Penilaian :**

- 1 : berarti "*tidak baik*"                      3 : berarti "*cukup baik*"  
 2 : berarti "*kurang baik*"                    4 : berarti "*baik*"

**C. Penilaian ditinjau dari beberapa aspek**

No.	Aspek yang Dinilai	Skor Penilaian			
		1	2	3	4
<b>I. Format</b>					
1.	Format jelas sehingga memudahkan observer melakukan pengisian				✓
<b>II. Isi</b>					
1.	Kesesuaian dengan aktivitas mahasiswa dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)			✓	
2.	Urutan observasi sesuai dengan urutan aktivitas dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)			✓	
3.	Setiap aktivitas mahasiswa dapat teramati				✓
<b>III. Bahasa dan Tulisan</b>					
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)				✓
2.	Bahasa yang digunakan mudah dipahami				✓

**D. Komentar dan Saran Perbaikan :**

---

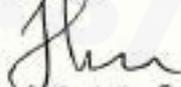
---

---

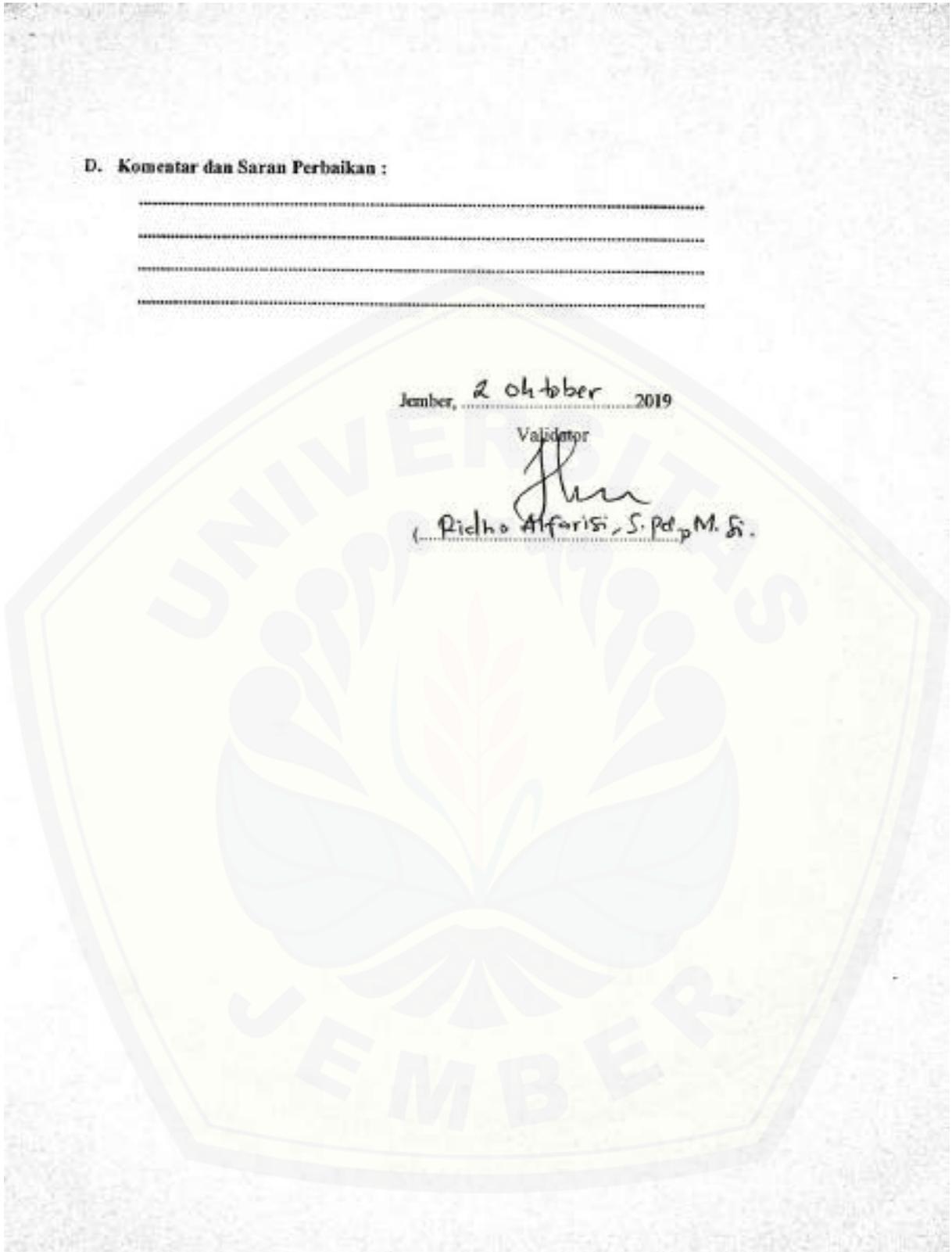
---

Jember, 2 Oktober 2019

Validator



(Richo Alfarisi, S. Pd., M. Si.)



## Lampiran C.5 Hasil Validasi Observasi Pendidik

**LEMBAR VALIDASI OBSERVASI KEMAMPUAN PENDIDIK DALAM  
MENGELOLA PEMBELAJARAN**

**A. Petunjuk**

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

**B. Penilaian ditinjau dari beberapa aspek**

No.	ASPEK YANG DINILAI	SKALA PENILAIAN			
		1	2	3	4
<b>I. FORMAT</b>					
1.	Format memudahkan observer melakukan pengisian				✓
2.	Lembar observasi memiliki komponen yang lengkap			✓	
<b>II. BAHASA</b>					
1.	Kesesuaian dengan EYD				✓
2.	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif				✓
3.	Bahasa yang digunakan tidak ambigu				✓
4.	Kejelasan petunjuk dan arahan				✓
<b>III. PENUTUP</b>					
1.	Kesesuaian aktivitas mahasiswa dengan Satuan Acara Perkuliahan (SAP)			✓	
2.	Kesesuaian urutan observasi dengan urutan aktivitas mahasiswa dalam dengan Satuan Acara Perkuliahan (SAP)				✓
3.	Pernyataan dirumuskan secara jelas, spesifik dan operasional sehingga mudah diukur				✓

**C. Penilaian umum**

Kesimpulan penilaian secara umum (\*\*):

a. Lembar observasi kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran ini:

1 : berarti "tidak baik"

2 : berarti "cukup baik"

3 : berarti "baik"

4 : berarti "sangat baik"

b. Lembar observasi kemampuan pendidik dalam mengelola 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

**\*\*)** *Lingkarkanlah nomor atau angka sesuai dengan pilihan anda*

**D. Komentar dan saran perbaikan**

---

---

---

---

Jember, 2 Oktober 2019

Validator

  
Ridho Alfaris, S.Pd., M.Pd.

## Lampiran C.6 Hasil Validasi Angket Respon Mahasiswa

**LEMBAR VALIDASI**  
**ANGKET RESPON MAHASISWA TERHADAP LKM**

**A. Petunjuk Pengisian**

- Mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dengan memberi tanda *check* ( ✓ ) pada lajur yang tersedia berdasarkan beberapa aspek yang diberikan di bawah ini.
- Bapak/Ibu dapat memberikan komentar dan saran perbaikan pada lembar angket respon mahasiswa atau pada tempat yang telah tersedia pada lembar validasi.

**B. Keterangan Skor Penilaian :**

1 : berarti "tidak baik"                      3 : berarti "cukup baik"  
2 : berarti "kurang baik"                    4 : berarti "baik"

**C. Penilaian ditinjau dari beberapa aspek**

No.	Aspek yang Dinilai	Skor Penilaian			
		1	2	3	4
<b>I. Format</b>					
1.	Format jelas sehingga memudahkan mahasiswa melakukan pengisian				✓
<b>II. Isi</b>					
1.	Pertanyaan pada angket sesuai dengan isi pada LKM				✓
2.	Angket dapat memberikan informasi mengenai respon mahasiswa terhadap LKM			✓	
<b>III. Bahasa dan Tulisan</b>					
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa yang baku (EYD)				✓
2.	Bahasa yang digunakan mudah dipahami				✓

**D. Komentar dan Saran Perbaikan :**

.....

.....

.....

.....

Jember, 2 October 2019

Validator

(Richo Akhisi, S.pd M.S.)

## Lampiran C.7 Hasil Validasi Pedoman Wawancara

**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 pelabelan *r-Dynamic Vertex 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 generalisasi			✓	
2	Pertanyaan yang diajukan mencerminkan penggunaan bahasa yang baik dan benar				✓
3	Kalimat pertanyaan tidak mengandung arti ganda				✓
4	Pertanyaan yang diajukan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah 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. Komentar dan Saran Perbaikan**

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

Jember, 2 October 2019

Validator

  
Richo Alfario, S.Pd, M.S.



Lampiran C.8 Hasil Pengerjaan *Pretest*

SOAL *PRETEST*

Nama : Khilyah Munawarah

NIM : 170210101131

Alokasi Waktu : 90 menit

Amatilah graf berikut!



1. Berilah notasi graf tersebut!

$P_6$

*(Perception of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

Ini adalah graf lintasan  $n = 6$

2. Hitunglah kardinalitas graf tersebut!

$$\begin{aligned}
 V &= \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\} \\
 |V| &= 6 \\
 E &= \{v_1v_2, v_2v_3, v_3v_4, v_4v_5, v_5v_6\} \\
 |E| &= 5
 \end{aligned}$$

*(Expression of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

$V$  adalah titik  
 $E$  adalah sisi

3. Berilah pewarnaan graf tersebut untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$ !



*(Symbolic expression of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

Titik di dekatnya berbeda

4. Lengkapi tabel berikut untuk  $r = 1$  dan temukan bilangan kromatiknya!

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	1	1	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya
$x_2$	2	1	1	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya
$x_3$	1	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_4$	2	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_5$	1	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$x_6$	2	1	1	1	$\{1, 1\} = 1$	Ya

Maka bilangan kromatiknya:

*(Manipulation of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

Kurang paham, ada yang tidak tahu.  
Tidak tahu bilangan kromatik.

5. Lengkapi tabel berikut untuk  $r = 2$  dan temukan bilangan kromatiknya!

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$x_1$	1	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya
$x_2$	2	2	2	1	$\{2, 1\} = 2$	Ya
$x_3$	1	1	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$x_4$	2	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$x_5$	2	1	2	1	$\{2, 1\} = 2$	Ya
$x_6$	1	1	2	1	$\{2, 1\} = 1$	Ya

Maka bilangan kromatiknya:

*(Manipulation of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

Masih bingung juga

Lampiran C.9 Hasil Pengerjaan *Posttest*

SOAL *POSTTEST*

Nama : Adintasari

NIM : 170210101005

Alokasi Waktu : 90 menit

Amatilah graf berikut!



1. Berilah notasi graf tersebut!

$C_6$

*(Perseption of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

Ini merupakan graf cycle / lingkaran dengan  $n=6$

2. Hitunglah kardinalitas graf tersebut!

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\} \quad E = \{(v_1, v_2), (v_2, v_3), (v_3, v_4), (v_4, v_5), (v_5, v_6), (v_6, v_1)\}$$

$$= \{v_i, v_{i+1} \mid 1 \leq i \leq n\}$$

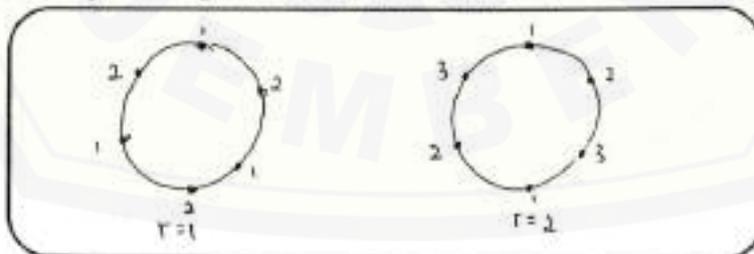
$$|V| = n \quad |E| = n$$

*(Expression of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

V adalah titik rumus umum  $|V| = n$   
E adalah sisi  $|E| = n$

3. Berilah pewarnaan graf tersebut untuk  $r = 1$  dan  $r = 2$ !



*(Symbolic expression of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

- $r=1$  setiap titik yang bertetangga 1 harus memiliki warna yang berbeda
- $r=2$  setiap titik yang bertetangga 2 harus memiliki warna yang berbeda

4. Lengkapi tabel berikut untuk  $r = 1$  dan temukan bilangan kromatiknya!

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$u_1$	1	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$u_2$	2	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$u_3$	1	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$u_4$	2	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$u_5$	1	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya
$u_6$	2	1	1	2	$\{1, 2\} = 1$	Ya

Maka bilangan kromatiknya:

$$\chi_r(C_6) = 2 \quad \text{untuk } r=1$$

*(Manipulation of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

Menyesuaikan definisi  $r$ -dynamic untuk  $r=1$

5. Lengkapi tabel berikut untuk  $r = 2$  dan temukan bilangan kromatiknya!

$v$	$c(v)$	$ c(N(v)) $	$r$	$d(v)$	$\min\{r, d(v)\}$	Memenuhi $ c(N(v))  \geq \min\{r, d(v)\}$
$u_1$	1	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$u_2$	2	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$u_3$	3	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$u_4$	1	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$u_5$	2	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya
$u_6$	3	2	2	2	$\{2, 2\} = 2$	Ya

Maka bilangan kromatiknya:

$$\chi_r(C_6) = 3 \quad \text{untuk } r=2$$

*(Manipulation of generality)*

Apa yang Anda pikirkan mengenai jawaban di atas?

Menyesuaikan definisi  $r$ -dynamic untuk  $r=2$

## HASIL BELAJAR MAHASISWA KELAS PENGEMBANGAN

No.	Nama	Nilai
1	Annisa Askia	91
2	Fhanaya Ramadhaniar Subagyo	74
3	Kevin Ariel Alfarobbi	86
4	Adyatma Baskara Putra	55
5	Gilang Nugraha Restu Putra	65
6	Rangga Destra Pratama Putra	88
7	Muhammad Yasin Febriansyah	58
8	Meirani Maulidhah Angguntiani	92
9	Dany Himawan Sutanto	89
10	Agil Bachtiar	88
11	Olga Norberta Wicaksono Putri	75
12	Farah Nabila Kuranta	74
13	Ayu Sulistyorini	82
14	Muhammad Ilman Fikri	63
15	Mochammad Rizqillah	95
16	Danendra Evant Firdaus	88
17	Dita Dwi Anggraeni	78
18	Muhammad Fiqi Putra Maulana	70
19	Jevika Louise Zahrani	81
20	Erdival Yogi Prastyo	80
21	Dhovan Meazza Shekti Derazzuri	68
22	Dwi Bagus Dewanata	79
23	Frisca Wahyu Ratnadewanti	81
24	Maulidya Diegha Widyasari	62
25	Renita Cho Isyyah Putri	83
26	Muhammad Roqi Julio Putra A.	69
27	Firlana Rosa	74
28	Nur Izza Camillah	73
29	Immanuella Kasih Damascus M.	64
30	Pingkan Maharani Aura Chotijah	80

## HASIL BELAJAR MAHASISWA KELAS EKSPERIMEN

No.	Nama	Pretest	Posttest
1	Adintasari	70	87
2	Cikal Citra Pratiwi	66	88
3	Safit Ainun Novita	50	79
4	Della Syahfira Juliana	77	92
5	Nurul Azizah	53	77
6	Akfi Hikmah Wahdana	60	86
7	Fina Miftah Vebianti	61	80
8	Alfi Anggraini Kartika Dewi	70	93
9	Nurissa Latiefany Fitrah	55	75
10	Ais Nuraini	60	89
11	Rizani Annisa	70	98
12	Ani Mawaddah	61	76
13	Listya Hikmawati	55	85
14	Ristanti Diah Lestari	71	90
15	Riza Prissiliani	45	96
16	Afiqiyah Baqiyatus Sholiha	60	82
17	Nuzula Erlisa Nuraziza	62	78
18	Dinda Nurul	70	91
19	Syabana Nurin Nadro Aziz	72	81
20	Fitri Annisa	67	97
21	Puja Septi Pradani	54	77
22	Fahrizal Z.P	79	90
23	Helda Nur Anisa	55	79
24	Lusi Rizzani Prahastiwi	54	83
25	Anggi Nabrilla	60	80
26	Brigita Wanda Pangestika	62	94
27	Dien Aulia Nailly Zulka	70	81
28	Januardi Alfied Yusuf Wardhaina	55	82
29	Arif Wicaksono	76	84
30	Nirmala Amalia	70	95
31	Kholisotur Rodliyah	66	92
32	Khurien Rahma Mufidah	56	83

## HASIL BELAJAR MAHASISWA KELAS KONTROL

No.	Nama	Pretest	Posttest
1	Zuifatu Zainiyah	69	75
2	Rhema Nadya Kusuma	70	77
3	Peni Madilla	66	76
4	Siti Lailatul Asriyah	54	67
5	Khilyah Munawarah	50	60
6	M. Alwi Abdul Mutaial	60	74
7	Diah Aya Ratna Ningrum	75	89
8	Nanang Hadi Hermawan	59	66
9	Vahad Agil Liyandri	60	78
10	Juanda Aldiana	60	68
11	Nur Karima	54	65
12	Prisma Bayu	70	73
13	Ade Nur Hidayat	65	81
14	Nur Izzatun Nisa Giliyan	50	64
15	Suci Isnasari	52	79
16	Kholifatul Jannah	61	80
17	Ummul Lathifah	50	61
18	Wanda Puspita	70	83
19	Dinar Dwi Yuliyanti	65	82
20	Syahril Maghfira	56	62
21	Khilya Naula Rodlina	60	69
22	Mukholifatur Rosida	59	87
23	Alfin Nabila Taufik	50	63
24	Alfi Khusniatin	45	70
25	Bayu Apriliyanto	48	86
26	Diva Setyo Anjani	60	71
27	Anggita Fitri Saputri	60	88
28	M. Nur Aubir Ramadhan	59	84
29	Munibatul Hidayah	60	72
30	Lutfi Yustika Wardani	78	85

Lampiran D.4 Hasil SPSS Data *Pretest***HASIL SPSS DATA PRETEST****Tests of Normality**

Kelompok	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest Kelas Kontrol	.159	30	.053	.962	30	.341
Kelas eksperimen	.145	32	.085	.965	32	.374

a. Lilliefors Significance Correction

**Test of Homogeneity of Variances**

Pretest

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.648	1	60	.424

**ANOVA**

Pretest

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	143.253	1	143.253	2.076	.155
Within Groups	4139.667	60	68.994		
Total	4282.919	61			

**Group Statistics**

Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pretest Kelas Kontrol	30	59.8333	8.17938	1.49334
Kelas eksperimen	32	62.8750	8.42328	1.48904

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
								95% Confidence Interval of the Difference		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Pretest	Equal variances assumed	.648	.424	-1.441	60	.155	-3.04167	2.11090	-7.26409	1.18076
	Equal variances not assumed			-1.442	59.921	.154	-3.04167	2.10887	-7.26014	1.17681

Lampiran D.5 Hasil SPSS Data *Posttest*

**HASIL SPSS DATA *POSTTEST***

**Tests of Normality**

Kelompok		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Posttest	Kelas Kontrol	.070	30	.200*	.957	30	.266
	Kelas Eksperimen	.120	32	.200*	.952	32	.162

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

**Test of Homogeneity of Variances**

Posttest

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.856	1	60	.096

**ANOVA**

Posttest

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1916.371	1	1916.371	31.356	.000
Within Groups	3667.000	60	61.117		
Total	5583.371	61			

**Group Statistics**

Kelompok		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	Kelas Kontrol	30	74.5000	8.80341	1.60728
	Kelas Eksperimen	32	85.6250	6.76685	1.19622

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
								95% Confidence Interval of the Difference		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Posttest	Equal variances assumed	2.856	.096	-5.600	60	.000	-11.12500	1.98674	-15.09906	-7.15094
	Equal variances not assumed			-5.553	54.408	.000	-11.12500	2.00357	-15.14122	-7.10878



# MONOGRAF

*r-dynamic vertex coloring*



Lelita Oktafianti Harjito

Dafik

Arika Indah Kristiana

**MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan anugerahNya sehingga monograf *r-dynamic vertex coloring* telah terselesaikan dengan baik. Monograf ini berisi tentang hasil-hasil penelitian *r-dynamic vertex coloring* oleh peneliti terdahulu dan juga hasil penelitian dari penulis.

Terima kasih disampaikan kepada Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D. dan kepada Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd. atas kesabarannya dalam membimbing dalam proses pembuatan monograf sehingga dapat selesai dengan baik.

Kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam monograf ini, untuk itu kritik dan saran terhadap penyempurnaan monograf ini sangat diharapkan. Semoga monograf ini dapat berguna dan bermanfaat bagi setiap pihak yang membutuhkan.

Jember, Januari 2020

Penulis

Lelita Oktafianti Harjito

**DAFTAR ISI**

HALAMAN SAMPUL .....	192
KATA PENGANTAR .....	193
DAFTAR ISI.....	194
DAFTAR GAMBAR .....	195
BAB 1. GRAF.....	197
1.1 Definisi Graf.....	197
1.2 Graf Khusus .....	199
BAB 2. PEWARNAAN TITIK DINAMIS .....	202
2.1 Pewarnaan Graf.....	202
2.2 Pewarnaan Titik Dinamis ( <i>r-dynamic vertex coloring</i> ) .....	202
BAB 3. HASIL PENELITIAN TERDAHULU .....	204
BAB 4. HASIL PENELITIAN .....	206
DAFTAR PUSTAKA .....	225

## DAFTAR GAMBAR

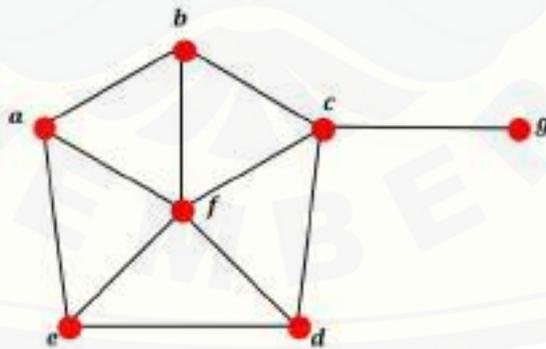
Gambar 1. Graf terhubung $G$ .....	197
Gambar 2. Graf terhubung dan graf tidak terhubung .....	198
Gambar 3. Graf sederhana dan graf tidak sederhana .....	198
Gambar 4. Graf berhingga dan graf tidak berhingga .....	199
Gambar 5. Graf tidak berarah dan graf berarah .....	199
Gambar 6. Graf bintang $S_3$ dan $S_4$ .....	200
Gambar 7. Graf lintasan $P_4$ .....	200
Gambar 8. Graf lengkap .....	201
Gambar 9. Graf roda $W_n$ .....	201
Gambar 10. Contoh pewarnaan titik pada graf .....	202
Gambar 11. Contoh 1,2,3 $r$ -dynamic vertex coloring .....	203
Gambar 12. Alur $r$ -dynamic vertex coloring .....	206
Gambar 13. Graf lintasan ( <i>path graph</i> ) .....	207
Gambar 14. Pemberian notasi pada <i>path graph</i> .....	207
Gambar 15. Pola pewarnaan <i>path graph</i> .....	208
Gambar 16. Notasi dan pewarnaan pada <i>path graph</i> .....	208
Gambar 17. Graf lobster $\mathcal{L}_n(2,1)$ .....	209
Gambar 18. Pemberian notasi pada graf $\mathcal{L}_n(2,1)$ .....	210
Gambar 19. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $\mathcal{L}_n(2,1)$ dengan $r = 1$ .....	211
Gambar 20. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $\mathcal{L}_n(2,1)$ dengan $2 \leq r \leq 3$ .....	211
Gambar 21. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $\mathcal{L}_n(2,1)$ dengan $r \geq 4$ .....	211
Gambar 22. Notasi & pewarnaan $r$ -dinamis graf $\mathcal{L}_n(2,1)$ dengan $r = 1$ .....	212
Gambar 23. Graf <i>line lobster</i> $L(\mathcal{L}_n(2,1))$ .....	213
Gambar 24. Pemberian notasi pada graf $L(\mathcal{L}_n(2,1))$ .....	214
Gambar 25. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $L(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $r = 1$ .....	215
Gambar 26. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $L(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $2 \leq r \leq 3$ .....	215
Gambar 27. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $L(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $r \geq 4$ .....	215
Gambar 28. Notasi & pewarnaan $r$ -dinamis graf $L(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $r = 1$ ..	216

Gambar 29. Graf <i>middle</i> lobster $M(\mathcal{L}_n(2,1))$ .....	217
Gambar 30. Pemberian notasi pada graf $M(\mathcal{L}_n(2,1))$ .....	218
Gambar 31. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $M(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $1 \leq r \leq 2$ .....	219
Gambar 32. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $M(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $3 \leq r \leq 5$ .....	219
Gambar 33. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $M(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $r \geq 6$ .....	219
Gambar 34. Notasi & pewarnaan $r$ -dinamis graf $M(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $1 \leq r \leq 2$ .....	220
Gambar 35. Graf <i>total</i> lobster $T(\mathcal{L}_n(2,1))$ .....	221
Gambar 36. Pemberian notasi pada graf $T(\mathcal{L}_n(2,1))$ .....	222
Gambar 37. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $T(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $1 \leq r \leq 2$ .....	223
Gambar 38. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $T(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $3 \leq r \leq 7$ .....	223
Gambar 39. Pewarnaan $r$ -dinamis graf $T(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $r \geq 8$ .....	223
Gambar 40. Notasi & pewarnaan $r$ -dinamis graf $T(\mathcal{L}_n(2,1))$ dengan $1 \leq r \leq 2$ .....	224

## BAB 1. GRAF

### 1.1. Definisi Graf

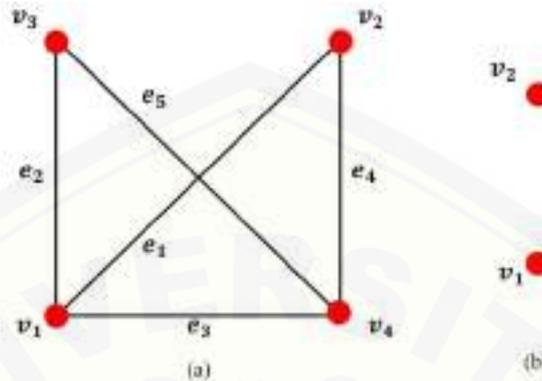
Graf  $G$  adalah pasangan himpunan  $(V(G), E(G))$  yang ditulis dengan notasi  $G = (V, E)$ .  $V(G)$  merupakan himpunan tak berhingga tak kosong dari elemen yang disebut titik (*vertex*).  $E(G)$  sebuah himpunan yang mungkin kosong dari pasangan tak terurut  $u, v$  dari titik dari titik  $u, v \in V(G)$  disebut sisi (*edge*). Sebuah graf  $G$  tidak harus memiliki sebuah sisi namun minimal memiliki satu titik. Anggota dari  $V$  adalah titik dari  $G$  dan anggota dari  $E$  adalah sisi dari  $G$ . Jadi  $V$  adalah titik dari  $G$  dan  $E$  adalah sisi dari  $G$ . Titik atau simpul pada sebuah graf dapat dinomori dengan huruf, misalnya  $a, b, c, \dots, v, w \dots$ , dinomori dengan bilangan asli  $1, 2, 3, \dots$  atau dinomori dengan gabungan antara huruf dan bilangan asli. Sisi yang menghubungkan simpul  $u$  dan simpul  $v$  dapat dinyatakan dengan pasangan  $(u, v)$  atau dinyatakan dengan lambang  $e_1, e_2, \dots$ . Berdasarkan definisi graf yang telah disebutkan di atas dapat dimungkinkan adanya graf yang tidak memiliki sisi tetapi hanya berupa titik. Titik-titik yang berkelompok dan membentuk suatu himpunan titik tanpa sisi maka disebut (*null graph*) atau graf kosong. Graf kosong (*null graph* atau *empty graph*) dinotasikan dengan  $N_n$ , dimana  $n$  adalah jumlah titik pada graf. Perhatikan Gambar 1.



Gambar 1. Graf terhubung  $G$

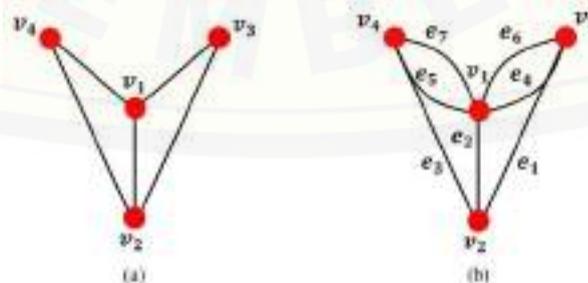
Pada Gambar 1 di atas graf  $G$  memiliki  $|V| = 7$  dan  $|E| = 11$  dengan himpunan titik  $V = \{a, b, c, d, e, f, g\}$  dan himpunan sisi  $E = \{ab, ae, af, bc, bf, cd, cf, cg, de, df, ef\}$  dengan  $\Delta(G) = 5$  dan  $\delta(G) = 1$ . Suatu graf dikatakan terhubung (*connected*) jika setiap pasangan titik di  $G$  dihubungkan

dengan suatu *path*. Jika terdapat titik di  $G$  yang tidak dihubungkan dengan suatu *path*, maka graf  $G$  dikatakan terhubung (*disconnected*) (Rosen, 2003). Berikut Gambar 2 ilustrasi graf terhubung dan tidak terhubung.



Gambar 2. (a) Graf terhubung dan (b) Graf tidak terhubung

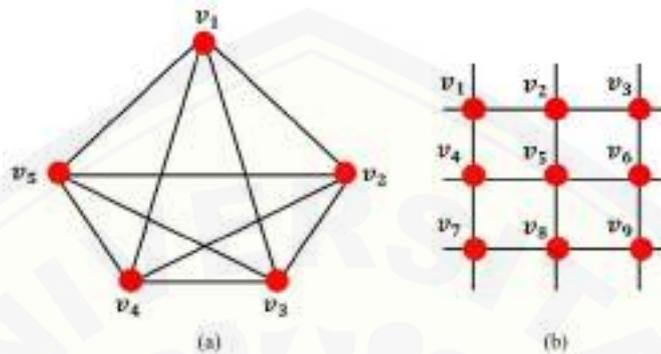
$E(G_b) = \emptyset$ , maka  $G_b$  adalah graf kosong. Dua titik dikatakan berhubungan (*adjacent*) jika ada sisi yang menghubungkan sisi tersebut. Sejumlah sisi dikatakan menempel untuk titik yang menghubungkan sisi tersebut. Sejumlah sisi yang menempel pada sebuah titik disebut derajat titik (*degree*). Sebagai contoh, graf pada Gambar 2,  $v_1$  terhubung dengan  $v_3$  dan  $v_3$  terhubung dengan  $v_4$ , dan sisi  $e_1$  menempel dengan titik  $v_1$  dan  $v_2$ . Titik  $v_4$  memiliki derajat 3, dan  $v_1$  memiliki derajat 3. Suatu sisi dapat menghubungkan suatu simpul dengan simpul yang sama atau bisa disebut juga sebuah sisi yang berawal dan berakhir pada *vertex* yang sama. Sisi yang demikian dinamakan gelang (*loop*). Dan dua atau lebih sisi yang mempunyai *vertex-vertex* ujung yang sama disebut dengan sisi paralel. Sebuah graf yang didalamnya tidak terdapat *loop* dan sisi paralel disebut dengan graf sederhana. Gambar 3 berikut merupakan contoh dari graf sederhana dan tidak sederhana.



Gambar 3. (a) Graf sederhana dan (b) Graf tidak sederhana

Berdasarkan jumlah simpul pada suatu graf, maka secara umum graf dapat digolongkan menjadi dua jenis:

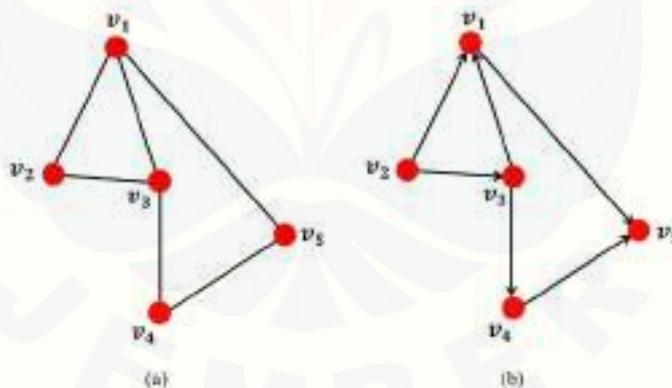
- 1.) Graf berhingga (*nite graph*)
- 2.) Graf tak berhingga (*unnite graph*)



Gambar 4. (a) Graf berhingga dan (b) Graf tidak berhingga

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan menjadi dua jenis:

- 1) Graf tak berarah (*undirected graph*)
- 2) Graf berarah (*directed graph* atau *digraph*)



Gambar 5. (a) Graf tidak berarah dan (b) Graf berarah

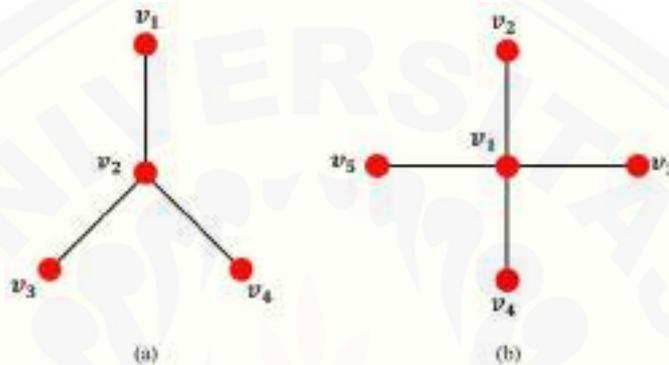
## 1.2. Graf Khusus

Graf khusus merupakan graf yang memiliki keunikan tidak isomorfis dengan graf lainnya. Karakteristik bentuknya dapat diperluas sampai order  $n$  tetapi simetris. Keunikannya adalah graf khusus tidak isomorfis dengan graf lainnya. Karakteristik bentuknya dapat diperluas sampai order  $n$  tetapi simetris. Graf khusus yang sudah populer dinamakan *well-known special graph*, sedangkan graf khusus

yang belum populer dinamakan *well-defined special graph* (Seymour, et. al, 2002). Berikut ini beberapa definisi jenis graf sederhana khusus:

a) Graf Bintang (*Star Graph*)

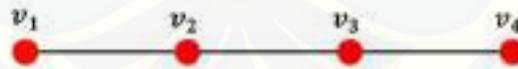
Graf bintang (*star graph*), dinotasikan dengan  $S_n$  adalah sebuah graf yang terdiri dari  $n$  sisi dan  $n + 1$  titik, dimana satu titik sebagai titik pusat, yaitu titik yang berderajat  $n$ . Contoh graf bintang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Graf bintang  $S_3$  dan  $S_4$

b) Graf Lintasan (*Path Graph*)

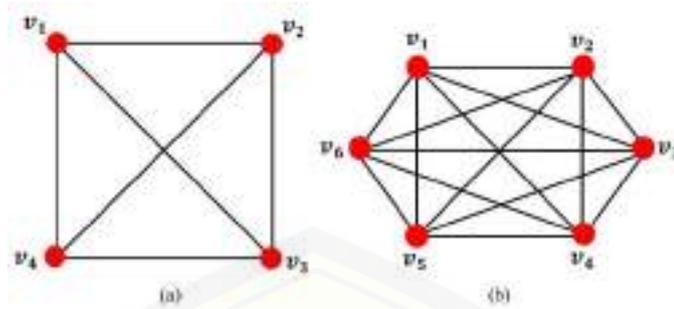
Graf lintasan (*path graph*) adalah graf yang terdiri dari satu lintasan. Graf lintasan dengan  $n$  buah titik dilambangkan dengan  $P_n$  dimana  $n \geq 2$ . Jumlah sisi pada graf lintasan yang terdiri dari  $n$  buah titik adalah  $n - 1$  sisi. Contoh graf lintasan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Graf lintasan  $P_4$

c) Graf Lengkap (*Complete Graph*)

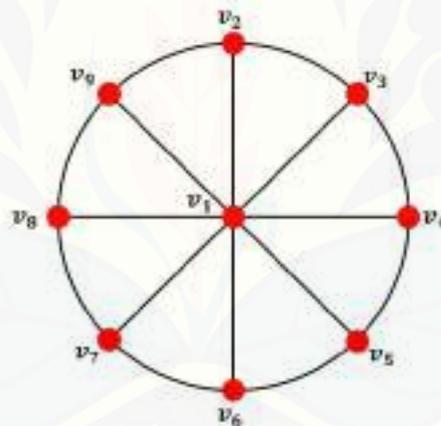
Graf lengkap (*complete graph*) adalah graf sederhana yang setiap titiknya mempunyai sisi ke semua titik lainnya. Graf lengkap dengan  $n$  buah titik dilambangkan dengan  $K_n$ . Jumlah sisi pada graf lengkap yang terdiri dari  $n$  buah titik adalah  $\frac{n(n-1)}{2}$  sisi. Contoh dari graf lengkap bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Graf lengkap

d) Graf Roda (*Wheel Graph*)

Graf roda (*wheel graph*)  $W_n (n \geq 3)$  adalah graf yang didapat dengan menghubungkan semua titik dari graf siklus  $C_n$  dengan suatu titik yang disebut titik pusat. Graf roda memiliki  $V(G) = \{x_i; 1 \leq i \leq n\} \cup \{A\} = n + 1$  dan  $E(G) = \{x_i x_{i+1}; 1 \leq i \leq n - 1\} \cup \{x_n x_1\} \cup \{Ax_i; 1 \leq i \leq n\} = 2n$ . Contoh graf roda dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

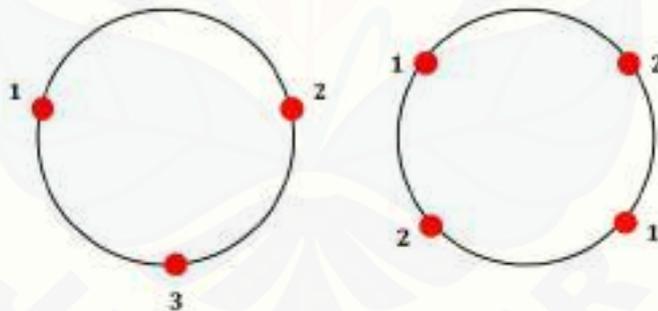
Gambar 9. Graf roda  $W_n$

## BAB 2. PEWARNAAN TITIK DINAMIS

### 2.1. Pewarnaan Graf

Pewarnaan merupakan kegiatan memberi warna pada sebuah objek. Dalam teori graf, pewarnaan graf merupakan suatu bentuk pelabelan graf, yaitu dengan memberi warna pada elemen graf yang akan dijadikan subjek dalam suatu penelitian. Pewarnaan graf adalah memberikan warna pada objek tertentu pada graf. Objek tersebut dapat berupa titik, sisi, maupun wilayah. Pewarnaan titik maupun pewarnaan sisi pada graf merupakan salah satu topik dalam teori graf yang kaya dengan aplikasi.

Pewarnaan titik pada graf  $G$  merupakan pemberian warna pada titik-titik graf  $G$  satu warna untuk setiap titik, sehingga titik-titik yang bertetangga diwarnai dengan warna yang berbeda. Pewarnaan titik dianggap sebagai fungsi  $c: V(G) \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, k\}$  sedemikian hingga  $c(u) \neq c(v)$  jika  $u$  dan  $v$  merupakan dua titik yang bertetangga. Gambar berikut merupakan contoh dari pewarnaan titik pada graf.



Gambar 10. Contoh pewarnaan titik pada graf

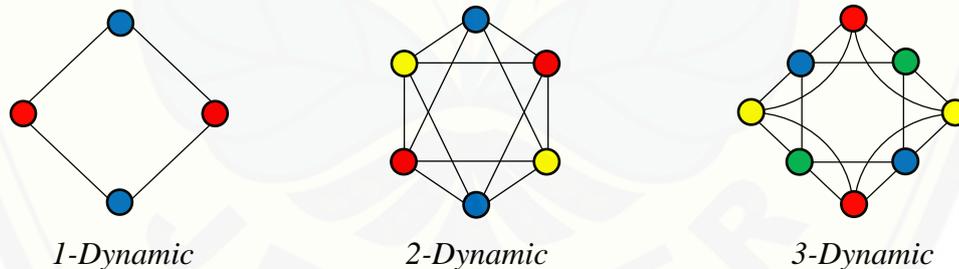
### 2.2. Pewarnaan titik dinamis (*r*-dynamic vertex coloring)

Suatu graf  $G$  disebut  $k$ -colorable jika dibutuhkan  $k$  warna untuk memberikan pewarnaan pada graf  $G$ , dimana  $k$  merupakan bilangan bulat positif. Nilai minimum untuk  $k$  yang dibutuhkan pada pewarnaan graf  $G$  disebut bilangan kromatik pada  $G$ .  $P_w$  merupakan pengembangan dari pewarnaan  $k$ -warna dinamis yang diperkenalkan oleh Alishashi pada tahun 2007.

Definisi mengenai pewarnaan titik  $r$ -dinamis sebagai berikut. Misalkan  $G = (V, E)$  adalah graf yang sederhana, terhubung, dan graf yang tak berarah dengan

himpunan titik  $V$  dan himpunan sisi  $E$  dan  $d(v)$  adalah derajat dari setiap  $v \in V(G)$ . Derajat maksimum dan derajat minimum  $G$  dilambangkan dengan  $\Delta(G)$  dan  $\delta(G)$ . Dengan  $k$  warna pada graf  $G$ , kita memetakan  $c:V(G) \Rightarrow S$ , dimana  $|S| = k$  sehingga setiap dua titik yang bertetangga memiliki warna yang berbeda. Sebuah  $r$ -dinamis dengan  $k$  warna pada graf  $G$  sehingga  $|c(N(v))| \geq \min\{r, d(v)\}$  untuk setiap titik  $v$  di  $V(G)$  dimana  $N(v)$  adalah lingkungan  $v$  dan  $c(S) = \{c(v): v \in S\}$  untuk setiap titik bagian dari  $S$  (Jahanbekam, et al. 2016). Bilangan kromatik  $r$ -dinamis dituliskan dengan  $\chi_r(G)$  adalah nilai minimum  $k$  sehingga graf  $G$  memiliki  $r$ -dinamis dengan  $k$ -warna.

Sebuah  $k$ -pewarnaan titik dikatakan pewarnaan titik dinamis jika untuk setiap titik  $v \in V(G)$  dengan  $d(v) \geq 2$ . Titik yang saling bertetangga mempunyai dua warna yang berbeda. Jumlah warna  $r$ -dinamis dari graf  $G$  dinotasikan  $\chi_r(G)$  merupakan warna minimum  $k$  pada graf  $G$ . Jumlah berwarna 1-Dynamic pada graf  $G$  adalah nilai warna yang diperkenalkan sebagai *Chromatic Number* dan dinotasikan  $\chi_d(G)$  dan untuk jumlah *Dynamic*  $\geq 2$  pada graf  $G$  adalah nilai warna yang diperkenalkan sebagai *r-Dynamic Chromatic Number*. Berikut contoh gambar pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada graf.



Gambar 11. Contoh 1, 2, 3  $r$ -dynamic vertex coloring

### BAB 3. HASIL PENELITIAN TERDAHULU

Pada bagian ini disajikan beberapa rangkuman hasil pewarnaan titik  $r$ -dinamis yang dapat digunakan sebagai rujukan pada monograf ini. Rangkuman yang tersedia pada bagian ini merupakan hasil penelitian pewarnaan  $r$ -dinamis terdahulu.

- 1) (Dafik, 2017) Diberikan graf  $P_{n,2}$  merupakan graf prisma. Untuk  $n \geq 3$ , maka bilangan kromatik  $r$ -dinamisnya adalah:

$$\chi_{r=1}(P_{n,2}) = \begin{cases} 2, & \text{untuk } n \text{ genap} \\ 3, & \text{untuk } n \text{ ganjil} \end{cases}$$

$$\chi_{r=2}(P_{n,2}) = \begin{cases} 3, & \text{untuk } n = 3k, k \in N \\ 4, & \text{untuk } n \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\chi_{r \geq 3}(P_{n,2}) = \begin{cases} 4, & \text{untuk } n = 4k, k \in N \\ 6, & \text{untuk } n = 3, 7, 11 \\ 5, & \text{untuk } n \text{ lainnya} \end{cases}$$

- 2) (Dafik, 2017) Diberikan graf  $TCL_n$  merupakan graf tangga terhubung tiga. Untuk  $n \geq 2$ , maka bilangan kromatik  $r$ -dinamisnya adalah:

$$\chi_{r=1,2}(TCL_n) = 3$$

$$\chi_{r=3}(TCL_n) = 4$$

$$\chi_{r=4}(TCL_n) = 5$$

$$\chi_{r \geq 5}(TCL_n) = 6$$

- 3) (Dafik, 2017) Diberikan graf  $P_n + C_m$  merupakan graf gabungan  $P_n$  dan  $C_m$ . Bilangan kromatik  $r$ -dinamisnya adalah:

$$\chi_{1 \leq r \leq 4}(P_n + C_m) = \begin{cases} 5, & \text{untuk } m = 3k, k \in N \\ 6, & \text{untuk } m \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\chi_{r=5}(P_n + C_m) = \begin{cases} 6, & \text{untuk } m = 3 \\ 8, & \text{untuk } m = 5 \\ 7, & \text{untuk } m \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\chi_{r \geq 6}(P_n + C_m) = \begin{cases} r + m - 2, & 3 \leq m \leq r - 2, m \geq r - 1, n \geq m - 1 \\ 2r - 3, & \text{untuk } m \text{ lainnya}, n \geq r - 1 \end{cases}$$

- 4) (Dafik, 2017) Diberikan graf  $C_n \left(1, \frac{n}{2}\right)$  merupakan graf lingkaran order 3.

Bilangan kromatik  $r$ -dinamisnya adalah:

$$\chi_{r=1} \left( C_n \left(1, \frac{n}{2}\right) \right) = \begin{cases} 4, & \text{untuk } n = 4 \\ 2, & \text{untuk } n = 4k + 2, k \in N \\ 3, & \text{untuk } n = 4k + 4, k \in N \end{cases}$$

$$\chi_{r=2} \left( C_n \left(1, \frac{n}{2}\right) \right) = 4$$

$$\chi_{r \geq 3} \left( C_n \left(1, \frac{n}{2}\right) \right) = \begin{cases} n, & \text{untuk } n = 4, 6, 8 \\ 4, & \text{untuk } n = 8k + 4, k \in N \\ 5, & \text{untuk } n = 8k + 6, k \in N \\ 6, & \text{untuk } n \text{ lainnya} \end{cases}$$

- 5) (Furmanczyk, 2018) Diberikan graf  $L(H_n)$  merupakan *line* graf dari graf helm. Untuk  $n \geq 7$ , maka bilangan kromatik  $r$ -dinamisnya adalah:

$$\chi_r(L(H_n)) = \begin{cases} n - 1, & \text{untuk } \delta \leq r \leq n - 2 \\ n + 1, & \text{untuk } r = n - 1 \\ n + 2, & \text{untuk } r = n \text{ dan } n \equiv 1 \pmod{3} \\ n + 3, & \text{untuk } r = n \text{ dan } n \not\equiv 1 \pmod{3} \\ n + 4, & \text{untuk } r = n + 1 = \Delta, n \geq 6 \text{ dan } 2n - 2 \equiv 0 \pmod{5} \\ n + 5, & \text{untuk } r = n + 1 = \Delta, n \geq 6 \text{ dan } 2n - 2 \equiv 0 \pmod{5} \end{cases}$$

- 6) (Nandini, 2019) Diberikan graf  $L(B_{m,n})$  merupakan *line* graf dari graf bistar. Untuk  $m, n \geq 2, m \leq n$ , maka bilangan kromatik  $r$ -dinamisnya adalah:

$$\chi_r(L(B_{m,n})) = \begin{cases} n + 1, & \text{untuk } 1 \leq r \leq \Delta - m \\ r + 1, & \text{untuk } \Delta - m + 1 \leq r \leq \Delta \end{cases}$$

- 7) (Nandini, 2019) Diberikan graf  $M(B_{m,n})$  merupakan *middle* graf dari graf bistar. Untuk  $m, n \geq 2, m \leq n$ , maka bilangan kromatik  $r$ -dinamisnya adalah:

$$\chi_r(M(B_{m,n})) = \begin{cases} n + 2, & \text{untuk } 1 \leq r \leq n + 1 \\ r + 1, & \text{untuk } n + 2 \leq r \leq \Delta \end{cases}$$

- 8) (Nandini, 2019) Diberikan graf  $T(B_{m,n})$  merupakan *total* graf dari graf bistar. Untuk  $m, n \geq 2, m \leq n$ , maka bilangan kromatik  $r$ -dinamisnya adalah:

$$\chi_r(T(B_{m,n})) = \begin{cases} n + 2, & \text{untuk } 1 \leq r \leq n + 1 \\ r + 1, & \text{untuk } n + 2 \leq r \leq \Delta \end{cases}$$

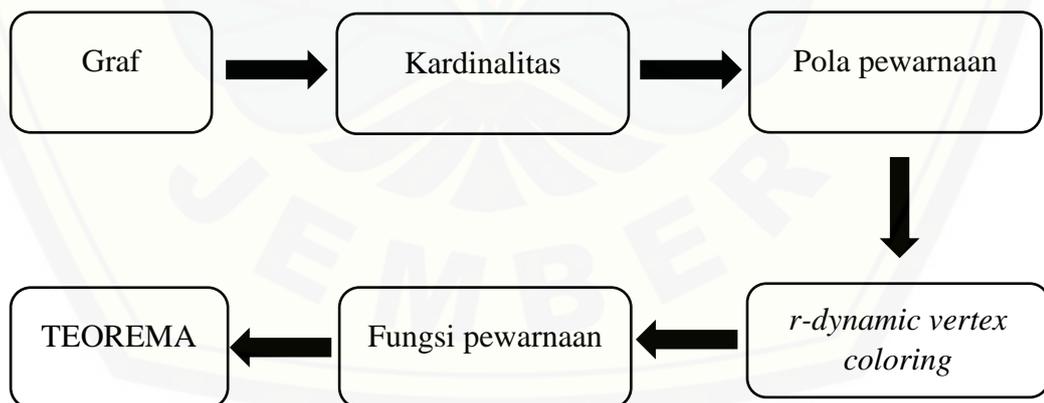
#### BAB 4. HASIL PENELITIAN

Dalam monograf ini, kita akan mempelajari batas bawah bilangan kromatik  $r$ -dinamis dari  $\chi_r(\mathcal{L}_n(2,1))$ ,  $\chi_r L(\mathcal{L}_n(2,1))$ ,  $\chi_r M(\mathcal{L}_n(2,1))$ , dan  $\chi_r T(\mathcal{L}_n(2,1))$ . Langkah-langkah riset dalam pewarnaan titik dinamis (*r-dynamic vertex coloring*) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan graf khusus sebagai objek riset
2. Menentukan kardinalitas graf yang meliputi notasi titik, himpunan titik dan sisi, banyak titik dan sisi, serta diameter graf tersebut. Diameter menjadi batas dari pewarnaan yang digunakan
3. Menentukan pola pewarnaan
4. Menentukan fungsi pewarnaan

Adapun langkah-langkah untuk menemukan teorema baru harus sesuai dengan sintaks pada model pembelajaran *Problem Based Learning*, diantaranya:

1. Mengorientasikan masalah
2. Membimbing penyelidikan
3. Mengembangkan dan menyajikan masalah
4. Menganalisis dan mengevaluasi



Gambar 12. Alur *r-dynamic vertex coloring*

Langkah-langkah riset di atas lebih dijelaskan dalam contoh pewarnaan titik dinamis (*r-dynamic vertex coloring*) pada graf lintasan berikut:

### 1. Menentukan graf

Pada langkah ini, peneliti terlebih dahulu harus menentukan graf khusus sebagai objek penelitian. Graf juga bisa berupa graf *path* ataupun graf lain. Berikut disajikan graf *path* pada gambar di bawah ini.



Gambar 13. Graf Lintasan (*Path Graph*)

### 2. Menentukan kardinalitas graf

Pada langkah ini, dilakukan pemberian notasi pada titik-titik dari graf objek penelitian. Notasi adalah simbol berupa huruf pada titik. Dalam pemberian notasi harus menggunakan simbol seefisien mungkin dan juga harus memperhatikan pola pewarnaan yang terjadi, karena pemberian notasi akan mempengaruhi mudah tidaknya penulisan fungsi pewarnaan.

Setelah memberikan notasi, kemudian berdasarkan notasi tersebut tuliskan kardinalitas grafnya. Kardinalitas meliputi himpunan titik dan sisi, banyak titik dan sisi, serta diameternya. Berikut disajikan notasi pada graf lintasan dan hasil kardinalitasnya.



Gambar 14. Pemberian notasi pada *path graph*

Graf lintasan di atas memiliki kardinalitas sebagai berikut:

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

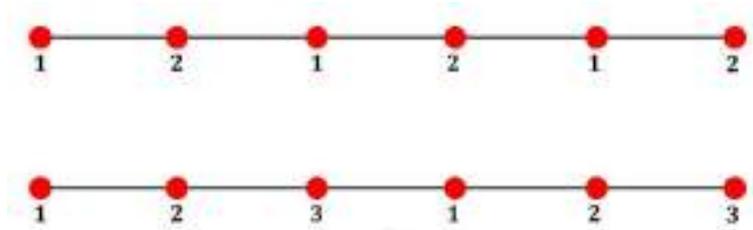
$$|V| = n$$

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

$$|E| = n - 1$$

### 3. Menentukan pola pewarnaan

Pada langkah ini, graf yang sudah ditentukan sebagai objek riset akan diberi pewarnaan. Pewarnaan titik dinamis (*r-dynamic vertex coloring*) dilakukan bertahap dari graf yang paling dasar kemudian graf hasil ekspanya. Proses pewarnaan ini dilakukan sampai didapat sebuah pola dari pewarnaan graf tersebut. Berikut disajikan pola pewarnaan pada graf lintasan (*path graph*).

Gambar 15. Pola pewarnaan *path graph*

#### 4. Menentukan fungsi pewarnaan

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

Gambar 16. Notasi dan pewarnaan pada *path graph*

Pola pewarnaan dari graf lintasan tersebut membentuk sebuah barisan aritmatika pada pewarnaannya konstan. Fungsi pewarnaan yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\chi_r(G) \geq \begin{cases} 2; & \text{untuk } r = 1 \\ 3; & \text{untuk } r \geq 2 \end{cases}$$

Jika pola pewarnaannya atau notasinya diubah, maka akan menghasilkan fungsi pewarnaan yang berbeda pula. Berikut disajikan pola pewarnaan graf lintasan yang berbeda dan fungsi pewarnaan yang terbentuk.

### Hasil Temuan *r-Dynamic Vertex Coloring* pada Graf Khusus

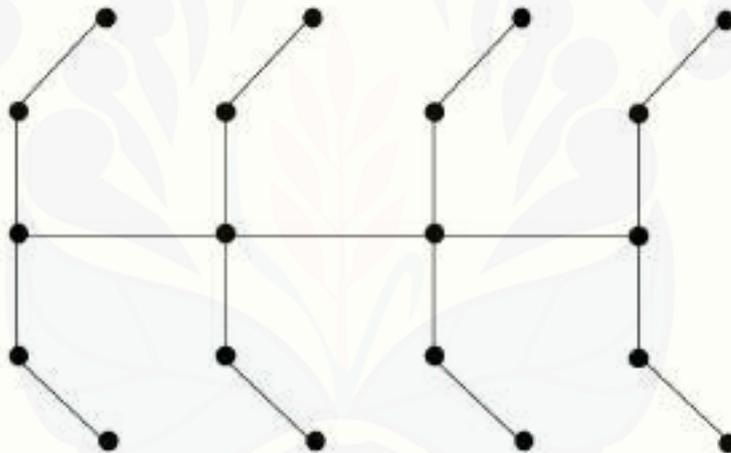
Proses menemukan teorema baru pada sebuah graf sesuai dengan langkah-langkah riset dalam pewarnaan titik dinamis (*r-dynamic vertex coloring*) dan juga sintaks pada model pembelajaran *Problem Based Learning*.

#### a) **TEOREMA 1**

Bilangan kromatik dari *r-dynamic vertex coloring* graf lobster  $\chi_r(\mathcal{L}_n(2,1))$

##### 1. Mengorientasikan masalah

Tahap ini merupakan tahap awal yang harus dilakukan oleh peneliti atau mahasiswa, dimana mahasiswa dibimbing untuk menentukan graf khusus yang belum pernah diteliti sebelumnya untuk selanjutnya akan digunakan sebagai objek riset.

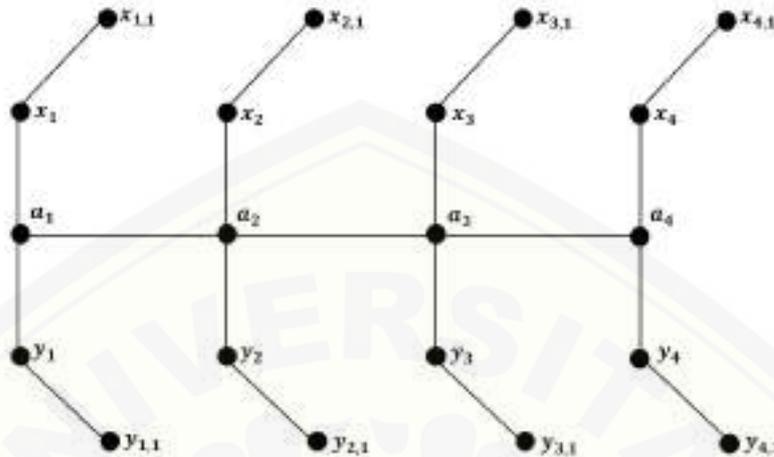


Gambar 17. Graf lobster  $\mathcal{L}_n(2,1)$

##### 2. Membimbing Penyelidikan

Pada tahap ini mahasiswa dibimbing untuk melakukan langkah selanjutnya yaitu menentukan kardinalitas graf tersebut. Proses menentukan kardinalitas graf diawali dengan memberi notasi pada setiap titik pada graf khusus yang telah ditentukan. Notasikan titik-titik pada graf dengan  $x_1, x_2, x_3, \dots$  atau  $y_1, y_2, y_3, \dots$ . Proses ini harus dilakukan agar mengetahui letak dan nama dari setiap titik. Kemudian tentukan kardinalitas titik dan sisi beserta derajat maksimum dan derajat minimum pada graf. Setelah menotasikan titik, kita akan mengetahui banyaknya titik dan sisi pada

sebuah graf. Hal ini untuk memudahkan peletakan warna dan melihat fungsi warna pada sebuah graf.



Gambar 18. Pemberian notasi pada graf  $\mathcal{L}_n(2,1)$

Graf  $\mathcal{L}_n(2,1)$  memiliki kardinalitas sebagai berikut:

$$|V(\mathcal{L}_n(2,1))| = 5n$$

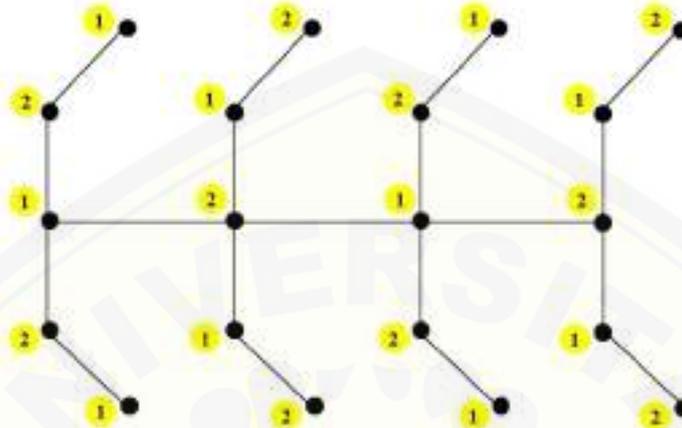
$$|E(\mathcal{L}_n(2,1))| = 5n - 1$$

### 3. Mengembangkan dan Menyajikan Masalah

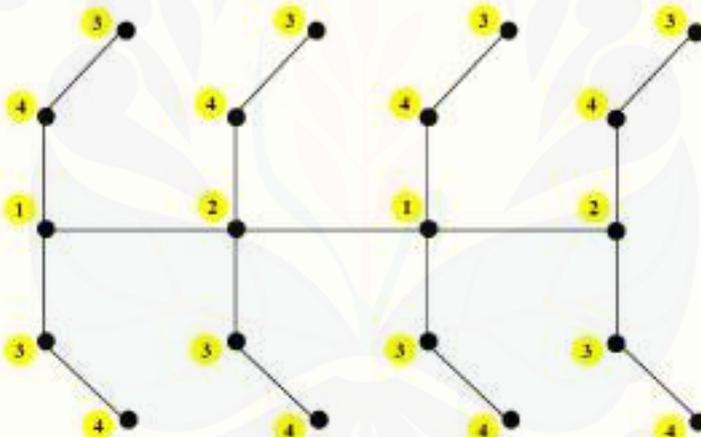
Langkah selanjutnya setelah menentukan kardinalitas yaitu mengembangkan graf dengan cara menentukan pola pewarnaan graf tersebut. Beri warna seminimal mungkin pada setiap titik pada graf sesuai dengan definisi pewarnaan titik  $r$ -dinamis. Proses ini merupakan awal dari proses pewarnaan, berikut algoritma pemilihan warna pada titik:

- Pilihlah titik dengan derajat terbesar pada sebuah graf
- Beri warna pada titik tersebut, untuk mempermudah pililah warna 2
- Beri warna titik terlintasanya dengan warna selain 2 dan banyaknya warna adalah titik terlintasan ditambah atau dikurangi 1
- Tinjau titik lainnya menggunakan algoritma di atas
- Pastikan warna sudah minimal dan memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis

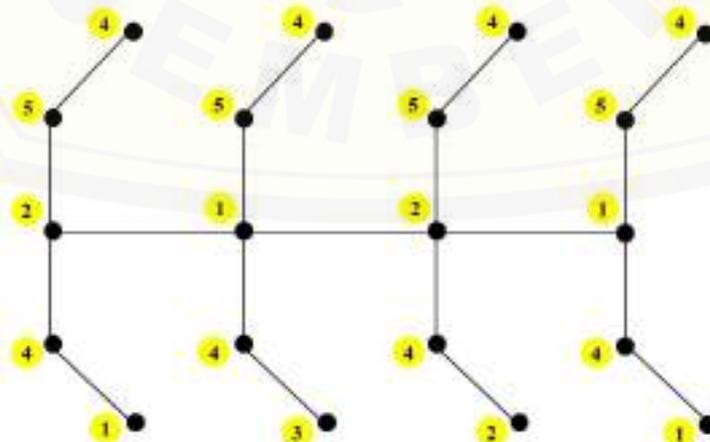
- Jika banyaknya warna telah memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis, maka lanjutlah ke langkah berikutnya. Namun jika belum memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis maka kembail pada poin sebelumnya.



Gambar 19. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $\mathcal{L}_n(2,1)$  dengan  $r = 1$



Gambar 20. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $\mathcal{L}_n(2,1)$  dengan  $2 \leq r \leq 3$

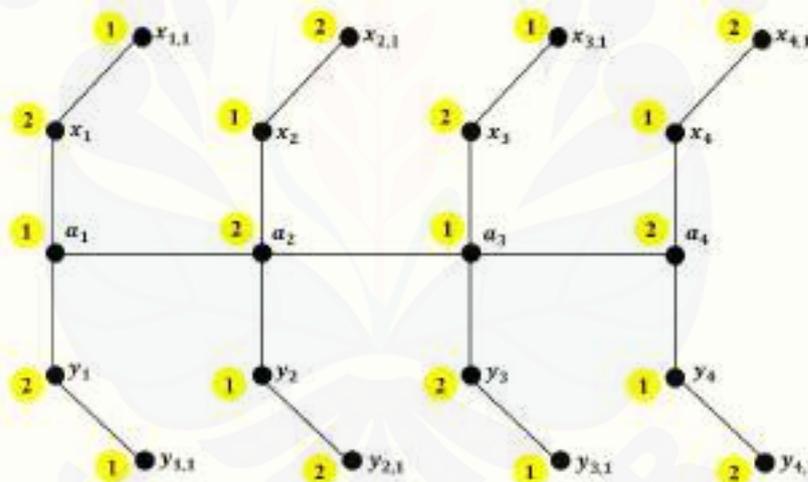


Gambar 21. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $\mathcal{L}_n(2,1)$  dengan  $r \geq 4$

#### 4. Menganalisis dan Mengevaluasi

Pada tahap ini hasil pewarnaan yang sudah dilakukan pada graf tersebut akan menghasilkan sebuah teorema baru yang akan dianalisis untuk kemudian dievaluasi oleh dosen apakah sudah benar atau belum. Adapun tahapannya sebagai berikut:

- Proses ini akan melihat pola pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada sebuah graf
- Tulislah pola warna titik pada pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada graf
- Tujuan dari proses ini yaitu merepresentasikan pola pewarnaan pada simbol matematis
- Setelah pola pewarnaan berhasil ditemukan, maka kita bisa menyajikannya pada sebuah teorema



Gambar 22. Notasi & pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $\mathcal{L}_n(2,1)$  dengan  $r = 1$

Teorema 1. Diberikan  $\mathcal{L}_n(2,1); n \geq 2$ , maka:

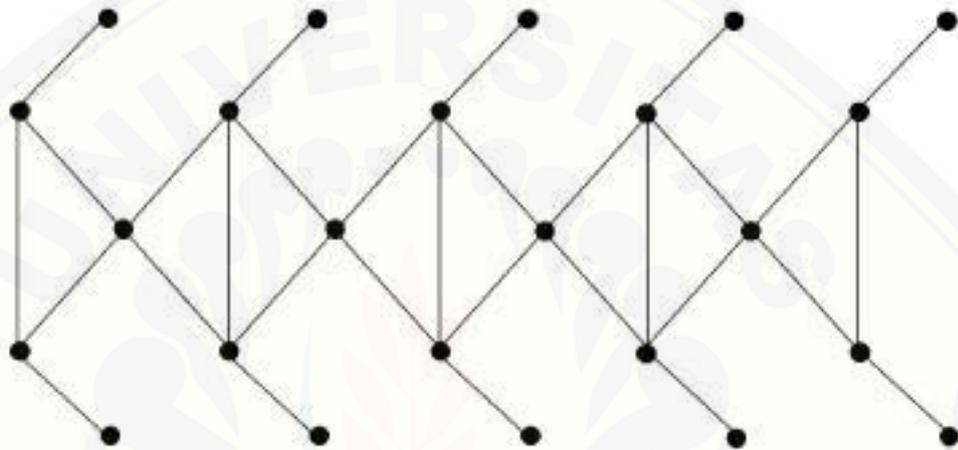
$$\chi_r(\mathcal{L}_n(2,1)) = \begin{cases} 2, & r = 1 \\ r + 1, & 2 \leq r \leq 3 \\ 5, & r \geq 4 \end{cases}$$

## b) TEOREMA 2

Bilangan kromatik dari  $r$ -dynamic vertex coloring graf line lobster  $\chi_r L(\mathcal{L}_n(2,1))$

### 1. Mengorientasikan masalah

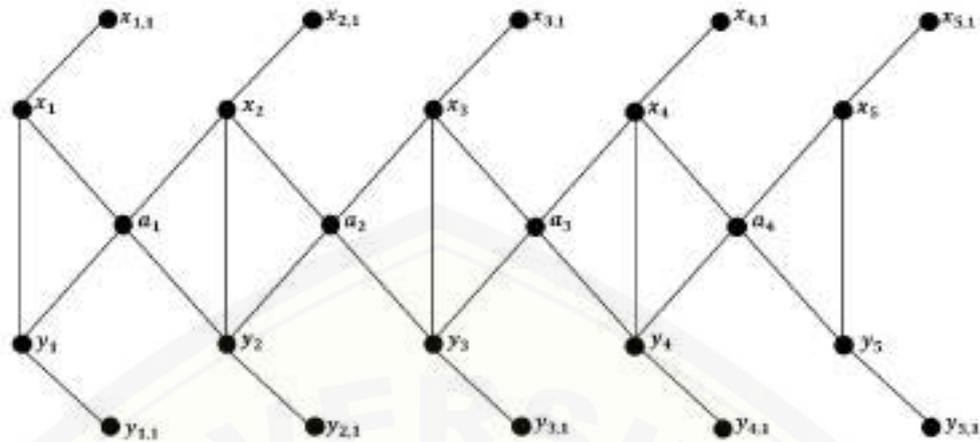
Tahap ini merupakan tahap awal yang harus dilakukan oleh peneliti atau mahasiswa, dimana mahasiswa dibimbing untuk menentukan graf khusus yang belum pernah diteliti sebelumnya untuk selanjutnya akan digunakan sebagai objek riset.



Gambar 23. Graf line lobster  $L(\mathcal{L}_n(2,1))$

### 2. Membimbing Penyelidikan

Pada tahap ini mahasiswa dibimbing untuk melakukan langkah selanjutnya yaitu menentukan kardinalitas graf tersebut. Proses menentukan kardinalitas graf diawali dengan memberi notasi pada setiap titik pada graf khusus yang telah ditentukan. Notasikan titik-titik pada graf dengan  $x_1, x_2, x_3, \dots$  atau  $y_1, y_2, y_3, \dots$ . Proses ini harus dilakukan agar mengetahui letak dan nama dari setiap titik. Kemudian tentukan kardinalitas titik dan sisi beserta derajat maksimum dan derajat minimum pada graf. Setelah menotasikan titik, kita akan mengetahui banyaknya titik dan sisi pada sebuah graf. Hal ini untuk memudahkan peletakan warna dan melihat fungsi warna pada sebuah graf.



Gambar 24. Pemberian notasi pada graf  $L(\mathcal{L}_n(2,1))$

Graf  $L(\mathcal{L}_n(2,1))$  memiliki kardinalitas sebagai berikut:

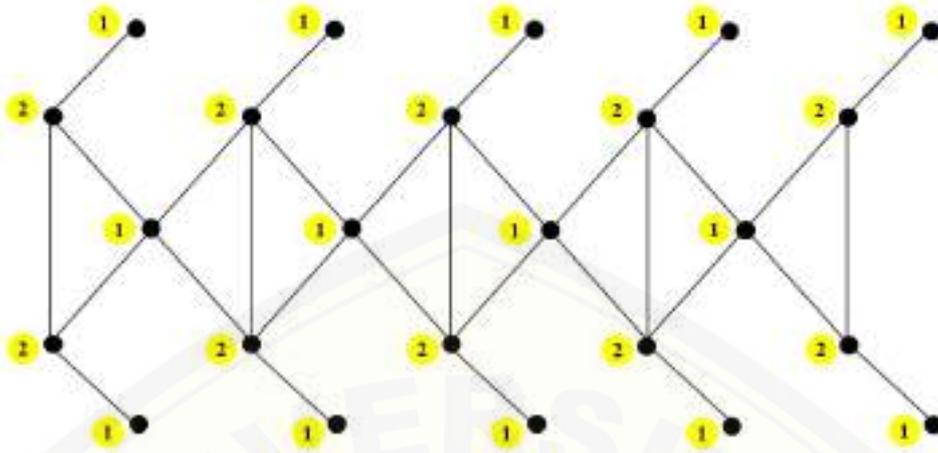
$$|VL(\mathcal{L}_n(2,1))| = 5n - 1$$

$$|EL(\mathcal{L}_n(2,1))| = 7n - 4$$

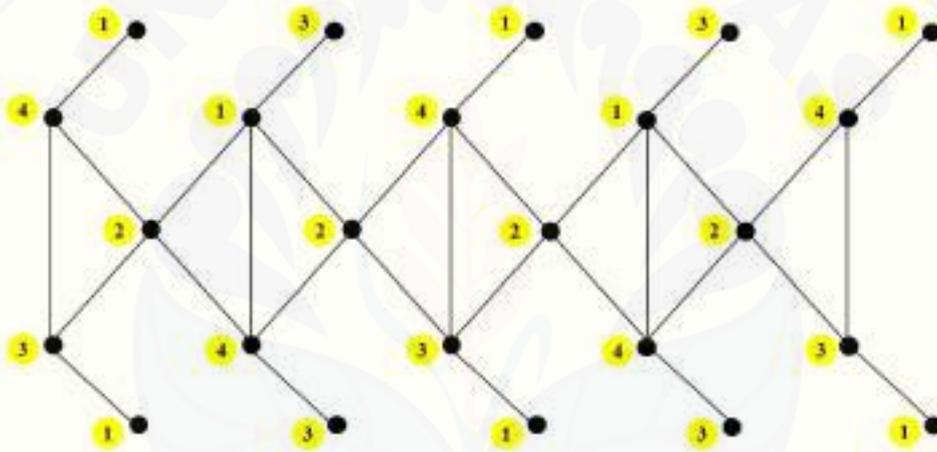
### 3. Mengembangkan dan Menyajikan Masalah

Langkah selanjutnya setelah menentukan kardinalitas yaitu mengembangkan graf dengan cara menentukan pola pewarnaan graf tersebut. Beri warna seminimal mungkin pada setiap titik pada graf sesuai dengan definisi pewarnaan titik  $r$ -dinamis. Proses ini merupakan awal dari proses pewarnaan, berikut algoritma pemilihan warna pada titik:

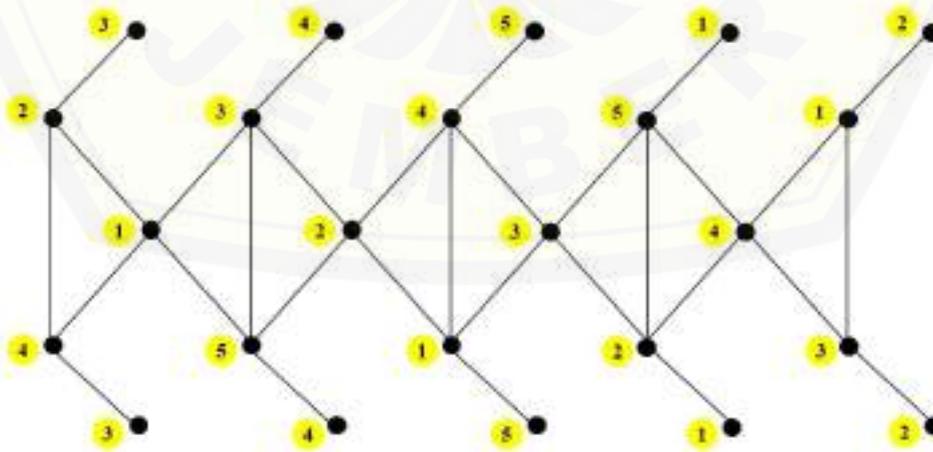
- Pilihlah titik dengan derajat terbesar pada sebuah graf
- Beri warna pada titik tersebut, untuk mempermudah pililah warna 1
- Beri warna titik terlintasannya dengan warna selain 1 dan banyaknya warna adalah titik terlintasan ditambah 1
- Tinjau titik lainnya menggunakan algoritma di atas
- Pastikan warna sudah minimal dan memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis
- Jika banyaknya warna telah memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis, maka lanjutlah ke langkah berikutnya. Namun jika belum memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis maka kembail pada poin sebelumnya.



Gambar 25. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $L(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $r = 1$



Gambar 26. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $L(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $2 \leq r \leq 3$

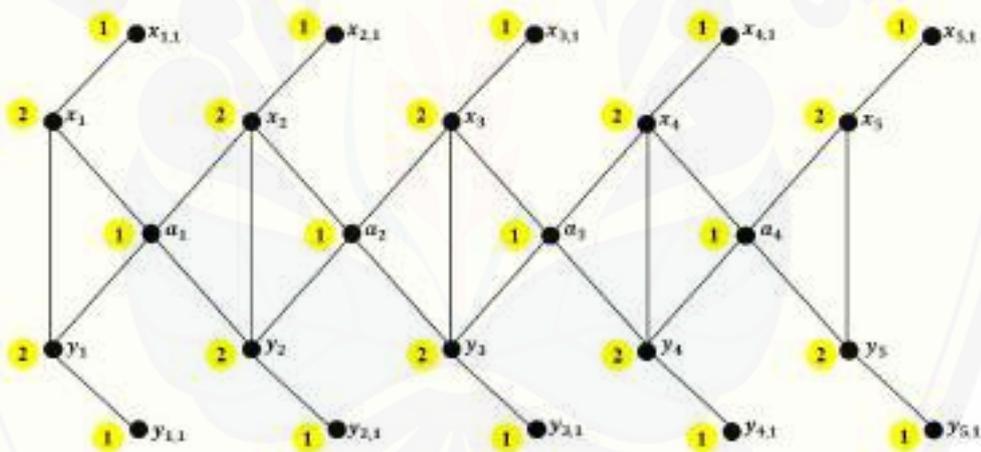


Gambar 27. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $L(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $r \geq 4$

#### 4. Menganalisis dan Mengevaluasi

Pada tahap ini hasil pewarnaan yang sudah dilakukan pada graf tersebut akan menghasilkan sebuah teorema baru yang akan dianalisis untuk kemudian dievaluasi oleh dosen apakah sudah benar atau belum. Adapun tahapannya sebagai berikut:

- Proses ini akan melihat pola pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada sebuah graf
- Tulislah pola warna titik pada pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada graf
- Tujuan dari proses ini yaitu merepresentasikan pola pewarnaan pada simbol matematis
- Setelah pola pewarnaan berhasil ditemukan, maka kita bisa menyajikannya pada sebuah teorema



Gambar 28. Notasi & pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $L(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $r = 1$

Teorema 2. Diberikan  $L(\mathcal{L}_n(2,1)); n \geq 5$ , maka:

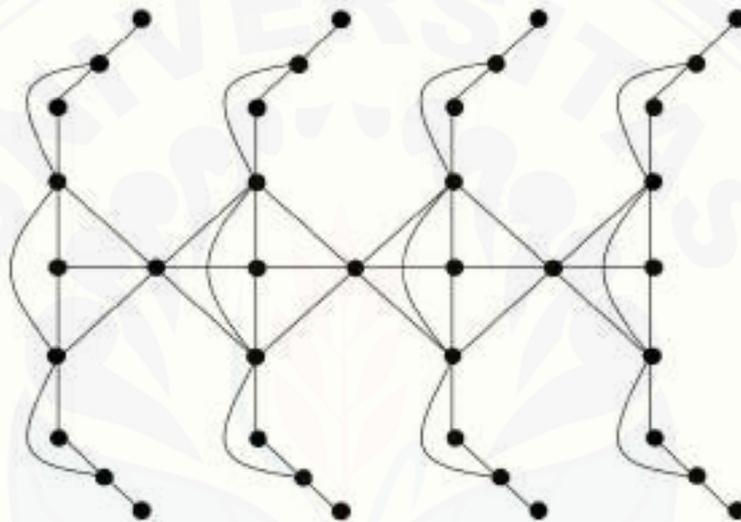
$$\chi_r L(\mathcal{L}_n(2,1)) = \begin{cases} 2, & r = 1 \\ r + 1, & 2 \leq r \leq 3 \\ 5, & r \geq 4 \end{cases}$$

c) **TEOREMA 3**

Bilangan kromatik dari  $r$ -dynamic vertex coloring graf *middle lobster*  
 $\chi_r M(\mathcal{L}_n(2,1))$

1. **Mengorientasikan masalah**

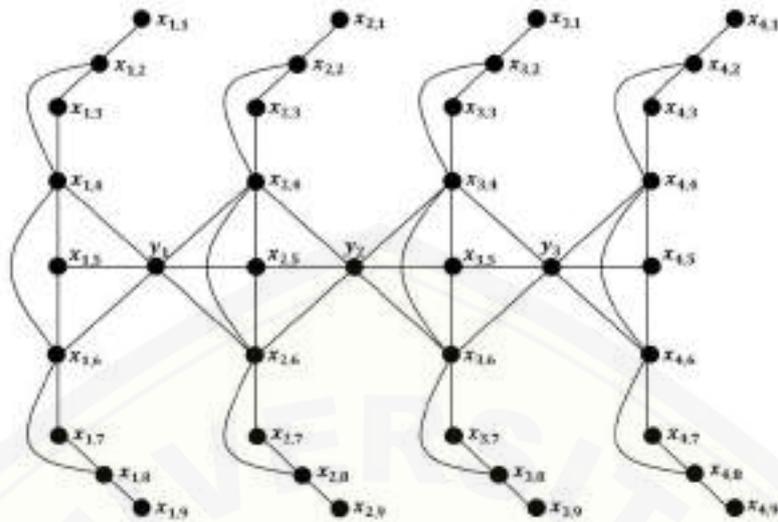
Tahap ini merupakan tahap awal yang harus dilakukan oleh peneliti atau mahasiswa, dimana mahasiswa dibimbing untuk menentukan graf khusus yang belum pernah diteliti sebelumnya untuk selanjutnya akan digunakan sebagai objek riset.



Gambar 29. Graf *middle lobster*  $M(\mathcal{L}_n(2,1))$

2. **Membimbing Penyelidikan**

Pada tahap ini mahasiswa dibimbing untuk melakukan langkah selanjutnya yaitu menentukan kardinalitas graf tersebut. Proses menentukan kardinalitas graf diawali dengan memberi notasi pada setiap titik pada graf khusus yang telah ditentukan. Notasikan titik-titik pada graf dengan  $x_1, x_2, x_3, \dots$  atau  $y_1, y_2, y_3, \dots$ . Proses ini harus dilakukan agar mengetahui letak dan nama dari setiap titik. Kemudian tentukan kardinalitas titik dan sisi beserta derajat maksimum dan derajat minimum pada graf. Setelah menotasikan titik, kita akan mengetahui banyaknya titik dan sisi pada sebuah graf. Hal ini untuk memudahkan peletakan warna dan melihat fungsi warna pada sebuah graf.



Gambar 30. Pemberian notasi pada graf  $M(\mathcal{L}_n(2,1))$

Graf  $M(\mathcal{L}_n(2,1))$  memiliki kardinalitas sebagai berikut:

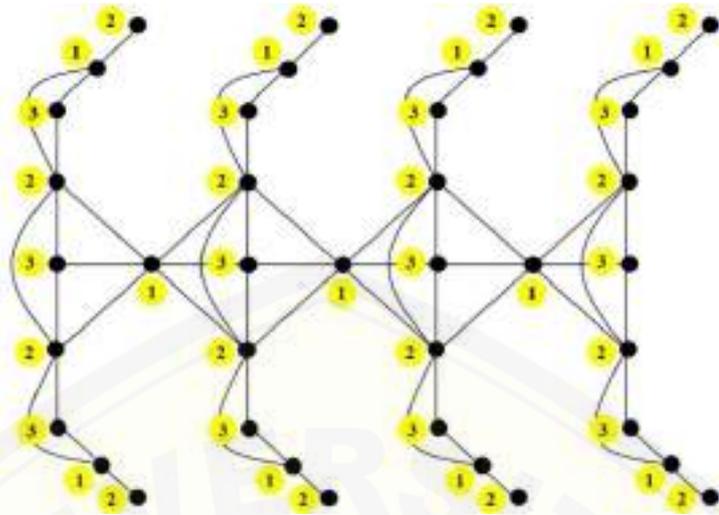
$$|VM(\mathcal{L}_n(2,1))| = mn + n - 1$$

$$|EM(\mathcal{L}_n(2,1))| = mn + n \left\lfloor \frac{m}{2} \right\rfloor + 3n - 6$$

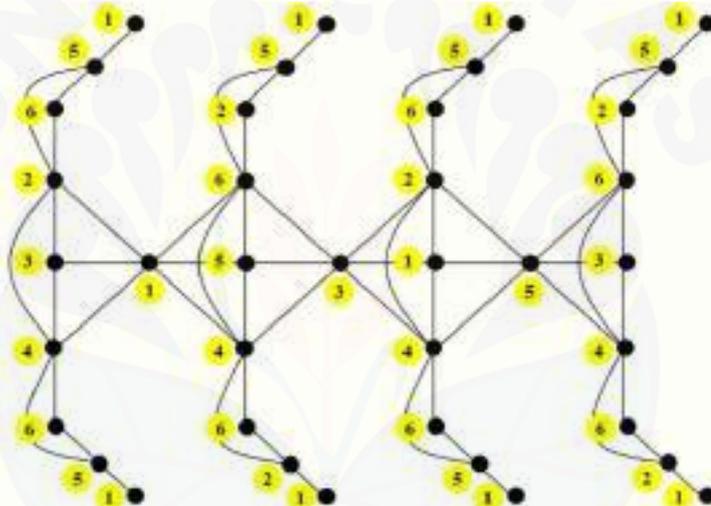
### 3. Mengembangkan dan Menyajikan Masalah

Langkah selanjutnya setelah menentukan kardinalitas yaitu mengembangkan graf dengan cara menentukan pola pewarnaan graf tersebut. Beri warna seminimal mungkin pada setiap titik pada graf sesuai dengan definisi pewarnaan titik  $r$ -dinamis. Proses ini merupakan awal dari proses pewarnaan, berikut algoritma pemilihan warna pada titik:

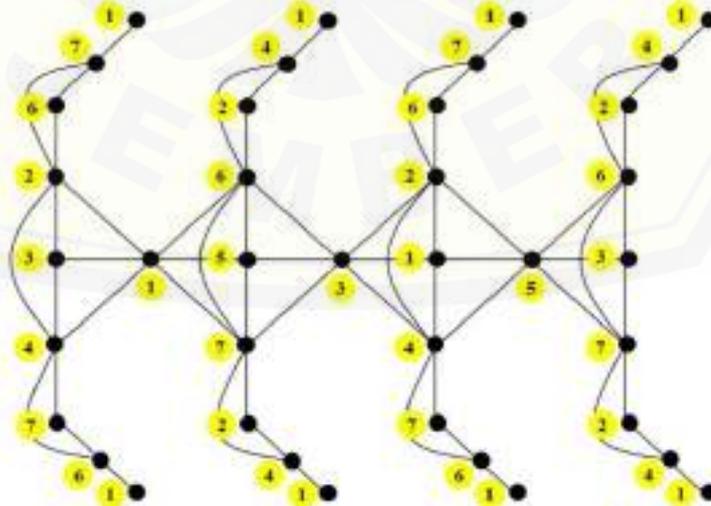
- Pilihlah titik dengan derajat terbesar pada sebuah graf
- Beri warna pada titik tersebut, untuk mempermudah pililah warna 1
- Beri warna titik terlintasanya dengan warna selain 1 dan banyaknya warna adalah titik terlintasan ditambah 1 atau 2
- Tinjau titik lainnya menggunakan algoritma di atas
- Pastikan warna sudah minimal dan memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis
- Jika banyaknya warna telah memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis, maka lanjutlah ke langkah berikutnya. Namun jika belum memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis maka kembail pada poin sebelumnya.



Gambar 31. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $M(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $1 \leq r \leq 2$



Gambar 32. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $M(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $3 \leq r \leq 5$

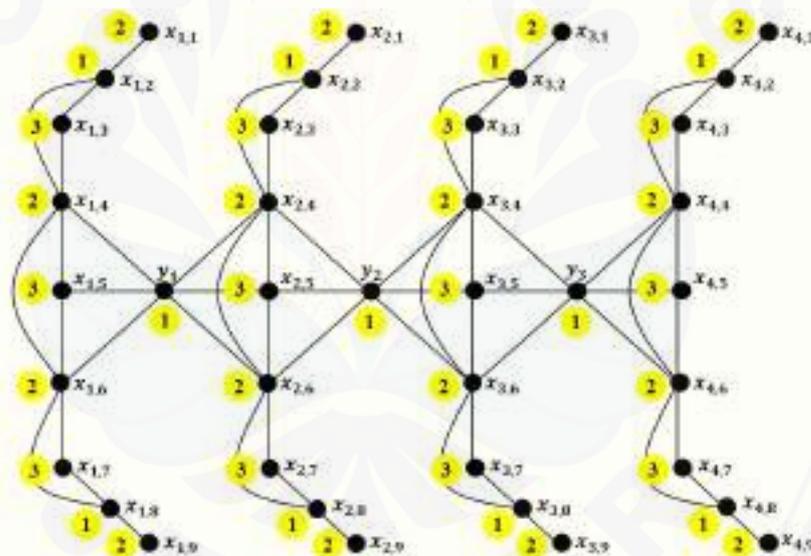


Gambar 33. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $M(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $r \geq 6$

#### 4. Menganalisis dan Mengevaluasi

Pada tahap ini hasil pewarnaan yang sudah dilakukan pada graf tersebut akan menghasilkan sebuah teorema baru yang akan dianalisis untuk kemudian dievaluasi oleh dosen apakah sudah benar atau belum. Adapun tahapannya sebagai berikut:

- Proses ini akan melihat pola pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada sebuah graf
- Tulislah pola warna titik pada pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada graf
- Tujuan dari proses ini yaitu merepresentasikan pola pewarnaan pada simbol matematis
- Setelah pola pewarnaan berhasil ditemukan, maka kita bisa menyajikannya pada sebuah teorema



Gambar 34. Notasi & pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $M(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $1 \leq r \leq 2$

Teorema 3. Diberikan  $M(\mathcal{L}_n(2,1)); n \geq 3$ , maka:

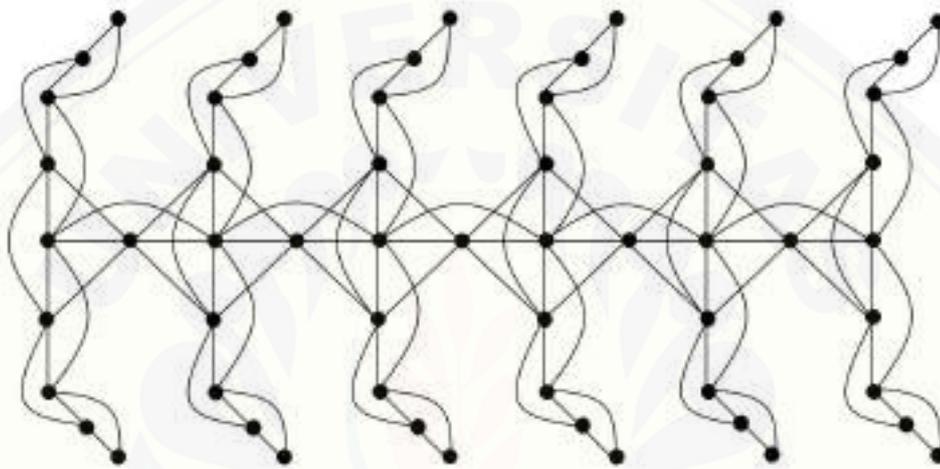
$$\chi_r M(\mathcal{L}_n(2,1)) = \begin{cases} 3, & 1 \leq r \leq 2 \\ r + 1, & 3 \leq r \leq 5 \\ 7, & r \geq 6 \end{cases}$$

**d) TEOREMA 4**

Bilangan kromatik dari  $r$ -dynamic vertex coloring graf total lobster  $\chi_r T(\mathcal{L}_n(2,1))$

**1. Mengorientasikan masalah**

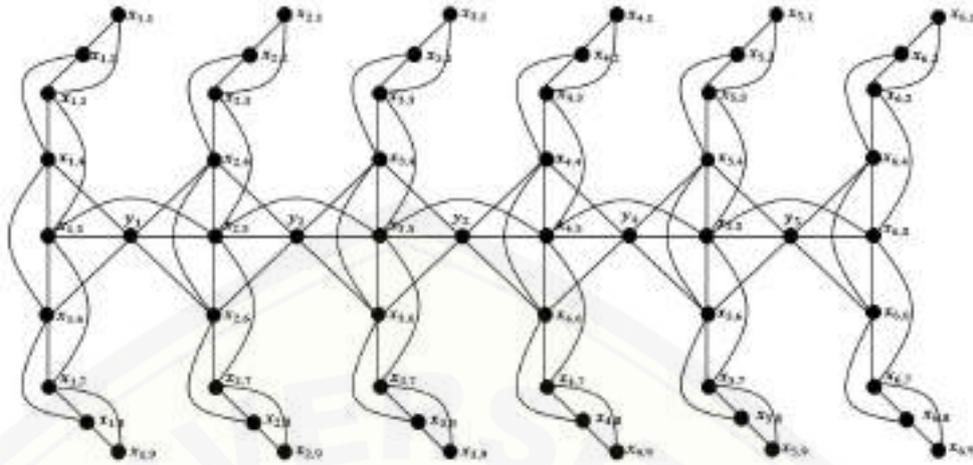
Tahap ini merupakan tahap awal yang harus dilakukan oleh peneliti atau mahasiswa, dimana mahasiswa dibimbing untuk menentukan graf khusus yang belum pernah diteliti sebelumnya untuk selanjutnya akan digunakan sebagai objek riset.



Gambar 35. Graf total lobster  $T(\mathcal{L}_n(2,1))$

**2. Membimbing Penyelidikan**

Pada tahap ini mahasiswa dibimbing untuk melakukan langkah selanjutnya yaitu menentukan kardinalitas graf tersebut. Proses menentukan kardinalitas graf diawali dengan memberi notasi pada setiap titik pada graf khusus yang telah ditentukan. Notasikan titik-titik pada graf dengan  $x_1, x_2, x_3, \dots$  atau  $y_1, y_2, y_3, \dots$ . Proses ini harus dilakukan agar mengetahui letak dan nama dari setiap titik. Kemudian tentukan kardinalitas titik dan sisi beserta derajat maksimum dan derajat minimum pada graf. Setelah menotasikan titik, kita akan mengetahui banyaknya titik dan sisi pada sebuah graf. Hal ini untuk memudahkan peletakan warna dan melihat fungsi warna pada sebuah graf.



Gambar 36. Pemberian notasi pada graf  $T(\mathcal{L}_n(2,1))$

Graf  $T(\mathcal{L}_n(2,1))$  memiliki kardinalitas sebagai berikut:

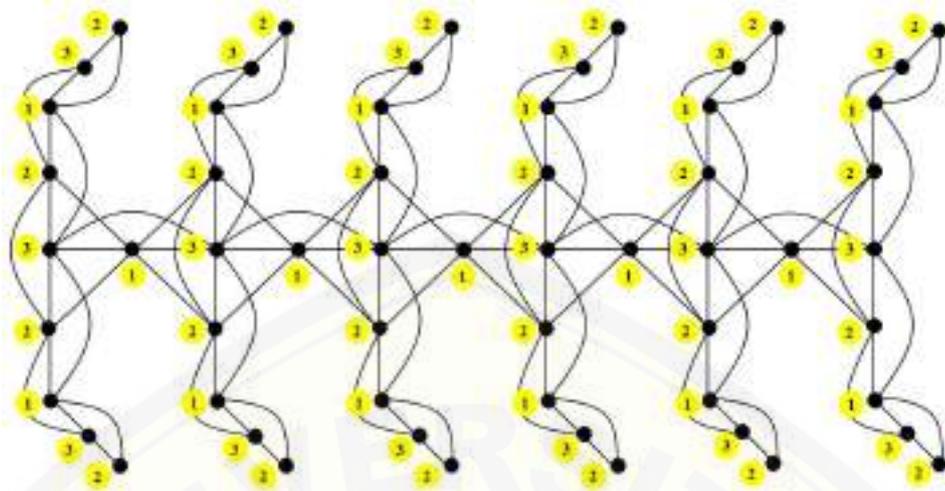
$$|VT(\mathcal{L}_n(2,1))| = nm + n - 1$$

$$|ET(\mathcal{L}_n(2,1))| = 2nm + 4n - 7$$

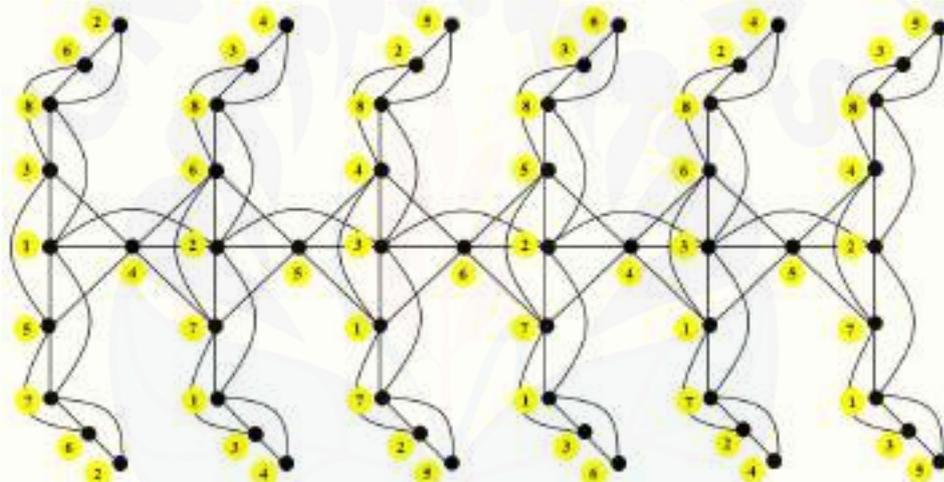
### 3. Mengembangkan dan Menyajikan Masalah

Langkah selanjutnya setelah menentukan kardinalitas yaitu mengembangkan graf dengan cara menentukan pola pewarnaan graf tersebut. Beri warna seminimal mungkin pada setiap titik pada graf sesuai dengan definisi pewarnaan titik  $r$ -dinamis. Proses ini merupakan awal dari proses pewarnaan, berikut algoritma pemilihan warna pada titik:

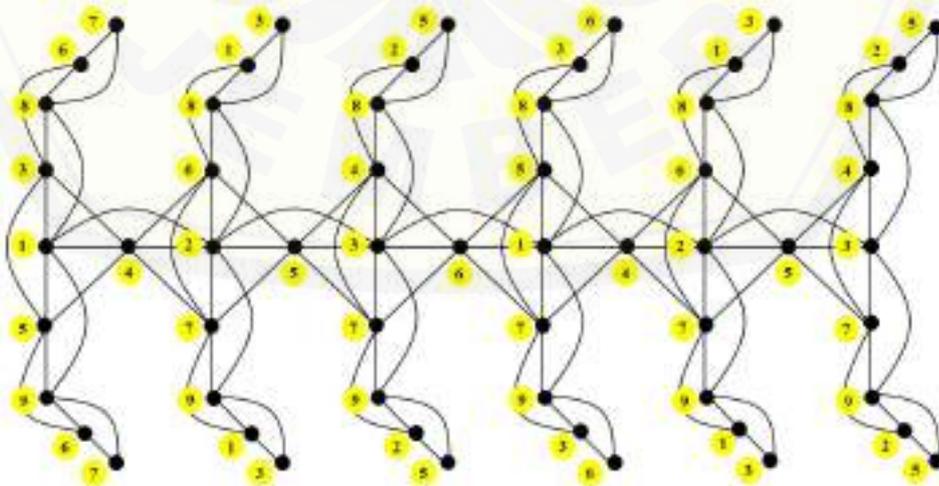
- Pilihlah titik dengan derajat terbesar pada sebuah graf
- Beri warna pada titik tersebut, untuk mempermudah pililah warna 1
- Beri warna titik terlintasanya dengan warna selain 1 dan banyaknya warna adalah titik terlintasan ditambah 1 atau 2
- Tinjau titik lainnya menggunakan algoritma di atas
- Pastikan warna sudah minimal dan memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis
- Jika banyaknya warna telah memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis, maka lanjutlah ke langkah berikutnya. Namun jika belum memenuhi syarat pewarnaan titik  $r$ -dinamis maka kembail pada poin sebelumnya.



Gambar 37. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $T(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $1 \leq r \leq 2$



Gambar 38. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $T(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $3 \leq r \leq 7$

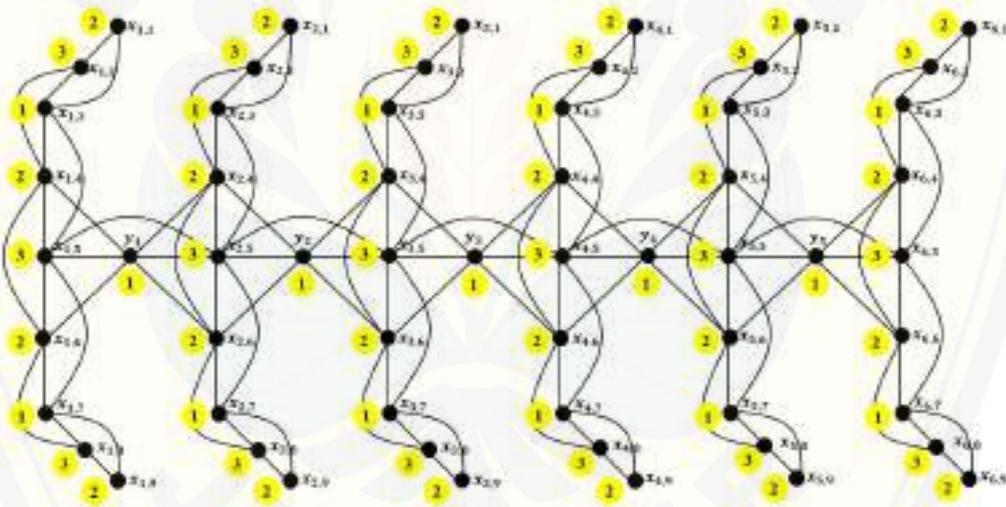


Gambar 39. Pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $T(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $r \geq 8$

#### 4. Menganalisis dan Mengevaluasi

Pada tahap ini hasil pewarnaan yang sudah dilakukan pada graf tersebut akan menghasilkan sebuah teorema baru yang akan dianalisis untuk kemudian dievaluasi oleh dosen apakah sudah benar atau belum. Adapun tahapannya sebagai berikut:

- Proses ini akan melihat pola pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada sebuah graf
- Tulislah pola warna titik pada pewarnaan titik  $r$ -dinamis pada graf
- Tujuan dari proses ini yaitu merepresentasikan pola pewarnaan pada simbol matematis
- Setelah pola pewarnaan berhasil ditemukan, maka kita bisa menyajikannya pada sebuah teorema



Gambar 40. Notasi & pewarnaan  $r$ -dinamis graf  $T(\mathcal{L}_n(2,1))$  dengan  $1 \leq r \leq 2$

Teorema 4. Diberikan  $T(\mathcal{L}_n(2,1)); n \geq 6$ , maka:

$$\chi_r T(\mathcal{L}_n(2,1)) = \begin{cases} 3, & 1 \leq r \leq 2 \\ r + 1, & 3 \leq r \leq 7 \\ 9, & r \geq 8 \end{cases}$$

**DAFTAR PUSTAKA**

- Dafik, D., Meganingtyas, D. E. W., Purnomo, K. D., Tarmidzi, M. D., & Agustin, I. H. 2017. *Several classes of graphs and their  $r$ -dynamic chromatic numbers*.
- Furmańczyk, H., Vivin, J. V., & Mohanapriya, N. 2018.  *$r$ -dynamic chromatic number of some line graphs*. Indian Journal of Pure and Applied Mathematics, 49(4), 591-600.
- Jahanbekam, S., Kim, J., O, S., & West, D. B. 2016. *On  $r$ -dynamic coloring of graphs*. Discrete Applied Mathematics 206: 65-72.
- Nandini, G., Venkatachalam, M., & Gowri, S. *On  $r$ -dynamic coloring of the family of bistar graphs*. Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics, 68(1), 923-928.
- Seymour. L dan Marc Lars. L. 2002. *Matematika Diskrit* . Jakarta : Salemba Teknika.

Lampiran E.2 Dokumentasi Kegiatan Penelitian

DOKUMENTASI KEGIATAN PENELITIAN



(Penyampaian materi tentang *r*-dynamic vertex coloring)



(Presentasi salah satu kelompok mengenai hasil pengerjaannya)



(Proses pengerjaan *Posttest*)

## Lampiran E.3 Lembar Revisi Tesis



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
 Jalan Kallimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tagaloto Jember 68121  
 Telepon: 0331-334988, 330738 Faks: 0331-334988  
 Lembar: www.dip.unel.ac.id

---

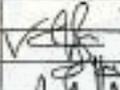
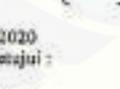
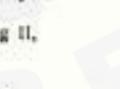
**LEMBAR REVISI TESIS**

**NAMA MAHASISWA** : Lelita Oktafianti Harjito  
**NIM** : 180220101004  
**JUDUL TESIS** : Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berdasarkan *Problem Based Learning* dan Pengaruhnya terhadap Keterampilan Generalisasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah *r-Dynamic Fuzzy Coloring*  
**TANGGAL UJIAN** : 10 Januari 2020  
**PEMBIMBING** : Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
 Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd.

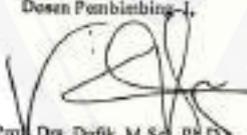
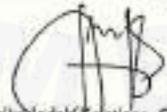
**MATERI PEMBETULAN / PERBAIKAN**

No.	HALAMAN	HAL-HAL YANG HARUS DIPERBAIKI
1.	iii	Perbaiki halaman pembendah
2.	iv	Perbaiki halaman moto
3.	ix - x	Tambahkan isi pembahasan pada ringkasan
4.	5	Perbaiki spesifikasi perangkat
5.	32	Perbaiki hipotesis
6.	95	Perbaiki penulisan matriks
7.	181	Tambahkan <i>learning outcome</i>
8.	225	Tambahkan keterangan pada tiap kegiatan

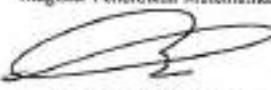
**PERSETUJUAN TIM PENGUJI**

JABATAN	NAMA TIM PENGUJI	TTD dan Tanggal
Ketua	Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.	 17/1/2020
Sekretaris	Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd.	 17/1/2020
Anggota	Prof. Drs. Slamet, M.Comp.Sc., Ph.D.	 17/1/2020
	Dr. Hobri, S.Pd., M.Pd.	 17/1/2020
	Dr. Nanik Yuliani, M.Pd.	 17/1/2020

Jember, 15 Januari 2020  
Mengetahui / menyetujui :

<p>Dosen Pembimbing I,</p>  Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D. NIP. 19580302 199308 1 004	<p>Dosen Pembimbing II,</p>  Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd. NIP. 19760502 200604 2 001	<p>Mahasiswa Yang Beresngkutan</p>  Lelita Oktafianti Harjito NIM. 180220101004
--	--	--

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
Magister Pendidikan Matematika

  
Dr. Hobri, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 19730505 199702 1 001

**Lampiran E.4 Autobiografi****AUTOBIOGRAFI****Lelita Oktafianti Harjito**

Lahir di Banyuwangi, 11 Oktober 1995. Lahir sebagai anak pertama dari pasangan Rujito dan Hariyati, serta memiliki satu saudara laki-laki Rio Aji Pradana. Menyelesaikan Pendidikan formal berturut-turut di SD Muhammadiyah 012 Glagahagung (2001-2007), SMP Negeri 1 Purwoharjo (2007-2010), dan SMA Negeri 1 Purwoharjo (2010-2013). Pada tahun 2013 melanjutkan studi sebagai mahasiswa S1 di Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Jember dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2018 berkesempatan melanjutkan studi Pascasarjana di Program Studi Magister Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.