



**PENGEMBANGAN PERANGKAT RBL-STEM UNTUK
MENINGKATKAN LITERASI INFORMASI MAHASISWA
MENYELESAIKAN MASALAH RAC DAN SKEMA
APLIKASINYA PADA TEKNOLOGI ETL E DENGAN GNN**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Magister pada
Program Studi Magister Pendidikan Matematika*

TESIS

Oleh

Excelsa Suli Wildhatul Jannah

NIM 220220101010

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA
JEMBER
2024**



**PENGEMBANGAN PERANGKAT RBL-STEM UNTUK
MENINGKATKAN LITERASI INFORMASI MAHASISWA
MENYELESAIKAN MASALAH RAC DAN SKEMA
APLIKASINYA PADA TEKNOLOGI ETL E DENGAN GNN**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Magister pada
Program Studi Magister Pendidikan Matematika*

TESIS

Oleh

Excelsa Suli Wildhatul Jannah

NIM 220220101010

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA
JEMBER
2024**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat, kasih sayang, dan karuniaNya. Sholawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alahi Wasallam*. Karya tesis ini, saya persembahkan sebagai rasa hormat, kasih sayang, serta ucapan terima kasih dari lubuk hati kepada orang-orang yang sangat berarti dan berkesan.

1. Kedua orang tua saya tercinta, Mama (Lila Rusnia) dan Papa (Ir. Achmad Samsul Bahri). Terima kasih atas segala doa dan dukungan yang telah diberikan. Terima kasih atas segala kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, dan ketulusan yang selalu diperjuangkan setiap waktu untuk Celsa. Terima kasih banyak Mama dan Papa, karya tesis ini tidak akan pernah sebanding dengan semua pengorbanan yang telah Mama dan Papa lakukan hingga detik ini.
2. Adikku tercinta, Theobroma Suli Aidil Akbar yang menjadi alasan terkuat saya untuk selalu berjuang semaksimal mungkin setiap harinya.
3. Keluarga besarku, terutama Kakek dan Nenekku, Pakpoh dan Budheku, Om dan Tanteku, dan semuanya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala motivasi dan doa untukku selama ini.
4. Bapak Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D. dan Ibu Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd. sebagai Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan selama proses penulisan tesis ini. Saya mengucapkan terima kasih atas upaya dan kontribusi yang sangat berharga.
5. Bapak Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Dr. Erfan Yudianto, S.Pd., M.Pd. sebagai Dosen Penguji, terima kasih telah memberikan kritik dan saran yang berharga untuk perbaikan dan penyempurnaan tesis ini.
6. Teman-teman kelompok riset PUI-PT *Combinatorics and Graph* CGANT yang selalu mendorong dan membantu. Saya berterima kasih atas dukungan dan kerja samanya.
7. Almamater S1 Universitas Jember, SMAN 2 Jember, SMPN 2 Jember, SDN Jubung 1, dan TK Al-Kautsar Kalibaru, terima kasih telah memberikan pengetahuan yang berharga dan bermanfaat.

MOTTO

*“Kalau orang lain baik padamu, kamu harus lebih baik kepada orang lain.
Jika buruk, jangan dibalas.”*

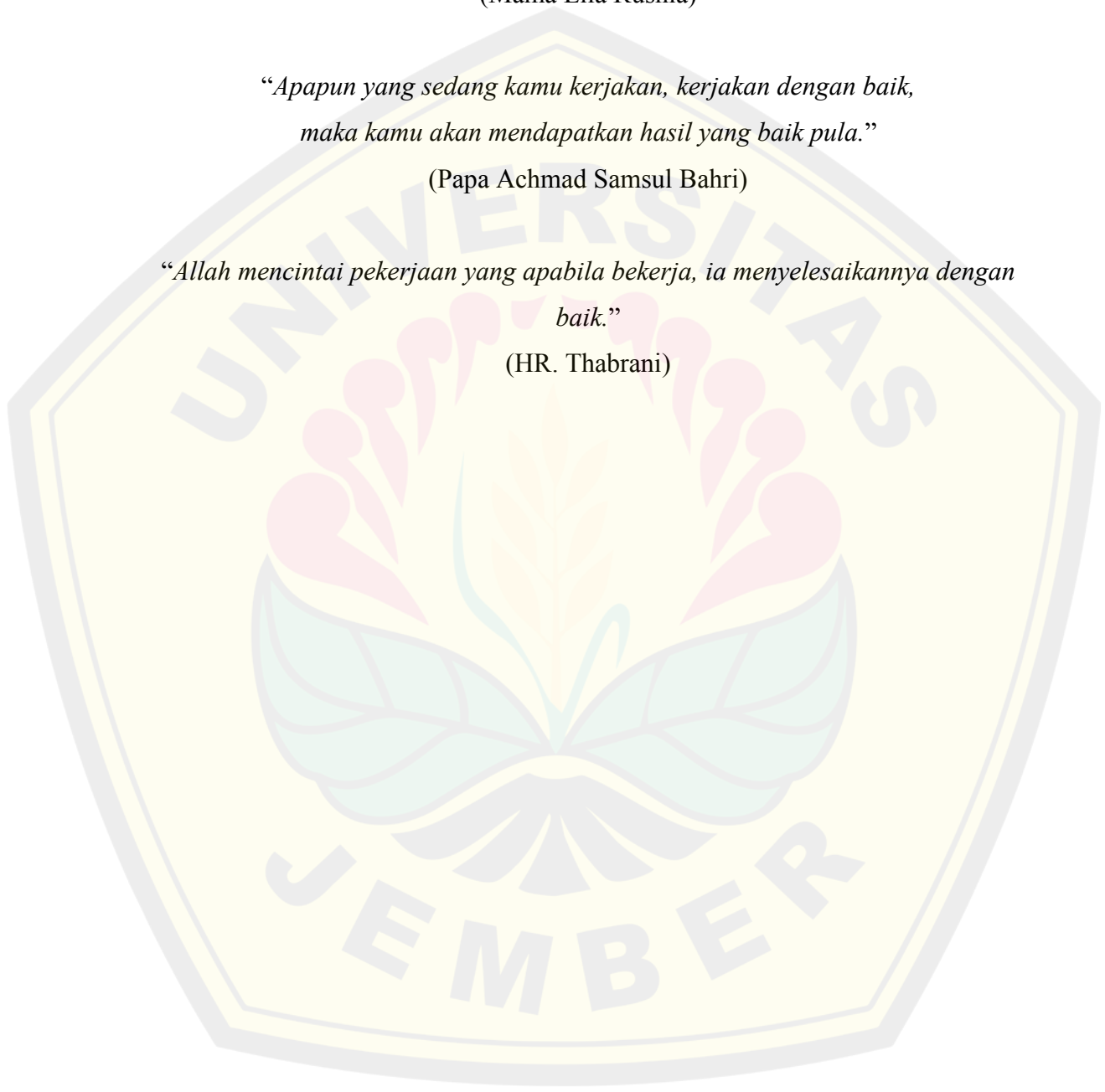
(Mama Lila Rusnia)

*“Apapun yang sedang kamu kerjakan, kerjakan dengan baik,
maka kamu akan mendapatkan hasil yang baik pula.”*

(Papa Achmad Samsul Bahri)

*“Allah mencintai pekerjaan yang apabila bekerja, ia menyelesaikannya dengan
baik.”*

(HR. Thabrani)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Excelsa Suli Wildhatul Jannah, S.Pd.

NIM : 220220101010

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang berjudul: *Pengembangan Perangkat RBL-STEM untuk Meningkatkan Literasi Informasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah RAC dan Skema Aplikasinya pada Teknologi ETL dengan GNN*

Adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan tesis 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 di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 8 Januari 2024

Yang menyatakan,

Excelsa Suli Wildhatul Jannah, S.Pd.

NIM. 220220101010

PUBLIKASI DARI TESIS

1. E S W Jannah, Dafik, A I Kristiana. 2024. *The Development of RBL-STEM Learning Materials to Improve Students' Information Literacy in Solving Rainbow Antimagic Coloring Problem for ETL Technology*. International Journal of Current Science Research and Review, Published.
2. E S W Jannah, Dafik, A I Kristiana, I H Agustin, R Nisviasari, I L Mursyidah, F G Febrinanto. 2024. *On Rainbow Antimagic Coloring and Its Application on Multi-Step Time Series Forecasting for Electronic Traffic Law Enforcement*. AIP Conference Proceedings, Accepted.
3. D E W Meganingtyas, E S W Jannah, Dafik, A I Kristiana, I L Mursidah. 2024. *On Rainbow Antimagic Coloring of Amalgamation of Graphs*. AIP Conference Proceedings, Accepted.
4. M I N Annadhifi, Dafik, A I Kristiana, E Y Kurniawati, R Nisviasari, E S W Jannah. 2024. *On Rainbow Antimagic Coloring of Graphs*. AIP Conference Proceedings, Accepted.

HALAMAN PERSETUJUAN

Tesis berjudul *Pengembangan Perangkat RBL-STEM untuk Meningkatkan Literasi Informasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah RAC dan Skema Aplikasinya pada Teknologi ETLE dengan GNN* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari : Senin

Tanggal : 8 Januari 2024

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

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

NIP : 196808021993031004 (.....)

2. Pembimbing Anggota

Nama : Dr. Arika Indah Kristiana, S.Si., M.Pd.

NIP : 197605022006042001 (.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D.

NIP : 195912201985031002 (.....)

2. Penguji Anggota

Nama : Dr. Erfan Yudianto, S.Pd., M.Pd.

NIP : 198503162015041001 (.....)

ABSTRACT

Students often struggle to solve complex mathematical problems in real-world contexts due to low information literacy skills. To improve information literacy skills, an effective learning approach can be RBL-STEM, which provides research-based learning and can be practically applied in the real world. This study aims to investigate RBL-STEM activities, describe the process and results of developing RBL-STEM materials, and analyze data from the results of developing these materials to improve students' information literacy skills. The method of research used is research and development (R&D). The purpose of this research is to develop RBL-STEM materials and produce learning material products in the form of semester learning plans, student assignment designs, student worksheets, and learning outcomes tests. The results of the materials development showed validity with a validity criterion of 92.75%. The trial was conducted with 40 students, and the implementation using the RBL-STEM materials was found to be practical with a practical criterion of 98.75% and effective with an effectiveness criterion of 94%. In addition, the students were highly engaged and responded very positively to the learning experience. Pretest and posttest analysis showed an increase in students' information literacy in solving the rainbow antimagic coloring problem. The study also identified three levels of information literacy skills: high, medium, and low. Statistical analysis, phase portrait, NVivo, and word cloud confirmed the research findings and showed an increase in students' information literacy skills. Thus, RBL-STEM has the potential to improve students' information literacy in real-world contexts, such as the application of ETLE using graph neural network techniques.

Keywords: materials development, RBL-STEM, information literacy skills, rainbow antimagic coloring

RINGKASAN

Pengembangan Perangkat RBL-STEM untuk Meningkatkan Literasi Informasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah RAC dan Skema Aplikasinya pada Teknologi ETLE dengan GNN; Excelsa Suli Wildhatul Jannah, S.Pd.; 220220101010; 2024; 60 halaman; Program Studi Magister Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Pendidikan berbasis riset (RBL-STEM) telah menjadi fokus utama dalam pengembangan kurikulum pendidikan tinggi. Pendekatan ini menggabungkan sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam konteks dunia nyata. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan keterampilan literasi informasi mahasiswa dalam menyelesaikan masalah yang kompleks. Penelitian sebelumnya menyoroti adanya kebutuhan untuk meningkatkan keterampilan literasi informasi mahasiswa, terutama dalam menangani masalah-masalah yang melibatkan pemahaman tentang aplikasi praktis dalam dunia nyata. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat RBL-STEM guna meningkatkan keterampilan literasi informasi mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring*.

Dalam model pembelajaran ini, mahasiswa aktif terlibat dalam proses penelitian yang terkait dengan masalah *rainbow antimagic coloring* dan penerapannya pada *Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE)*. Melalui permasalahan nyata ini, diharapkan mahasiswa dapat mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang keterampilan literasi informasi dan mengenali relevansi aplikasi praktisnya dalam berbagai bidang. Jenis penelitian yang akan digunakan adalah penelitian dan pengembangan (*research and development*) dengan model pengembangan 4D (*define, design, develop, and disseminate*). Tujuan pada penelitian ini yaitu mengembangkan perangkat RBL-STEM dan akan menghasilkan produk perangkat pembelajaran berupa rencana pembelajaran semester (RPS), rancangan tugas mahasiswa (RTM), lembar kerja mahasiswa (LKM), dan tes hasil belajar (THB).

Kerangka aktivitas RBL-STEM mencakup beberapa langkah, yang meliputi: 1) langkah pertama yang harus dilakukan mahasiswa adalah memahami riset terdahulu yang berkaitan dengan fundamental permasalahan yang berkaitan dengan teknologi ETLE, 2) memperoleh terobosan penyelesaian masalah dengan menggunakan RAC dan GNN untuk *forecasting*, 3) mengumpulkan informasi terkait data pelanggaran lalu lintas pada *website* Badan Pusat Statistik dan data peta lalu lintas pada Google Maps, 4) menganalisis data dengan merepresentasikan jalan yang dicari sebelumnya untuk penempatan CCTV lalu lintas ke representasi bentuk graf, 5) mencari pola generalisasi RAC dari representasi graf yang telah dibuat sebelumnya, 6) diakhiri dengan menjelaskan atau merepresentasikan hasil dan kesimpulan dari serangkaian kegiatan-kegiatan sebelumnya.

Hasil analisis data dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu analisis kuantitatif dan analisis kualitatif. Analisis kuantitatif melibatkan pengolahan data *pretest* dan *posttest*, dimana dilakukan uji normalitas dan uji t sampel berpasangan (*paired sample t-test*). Berdasarkan uji normalitas, dapat disimpulkan bahwa nilai *pretest* dan *posttest* memiliki distribusi yang normal, karena nilai signifikansi (Sig.) $> 0,05$. Selanjutnya hasil *paired sample t-test* menunjukkan nilai Sig. (2-tailed) sama dengan $0,000 < 0,05$. Artinya, terdapat perbedaan nilai sebelum dan sesudah dilakukan pembelajaran menggunakan perangkat RBL-STEM terhadap literasi informasi mahasiswa. Dalam analisis kualitatif, digunakan metode triangulasi data seperti potret fase, NVivo, dan *word cloud*. Potret fase memberikan informasi bahwa subjek MT memenuhi 15 sub indikator, subjek MS memenuhi 10 sub indikator, dan subjek MR memenuhi 7 sub indikator. Dalam NVivo, data dikelompokkan menggunakan fitur diagram perbandingan dan peta proyek. Sementara itu, *word cloud* menampilkan kode soal dan jenis jawaban yang paling banyak disebut oleh mahasiswa sebagai bentuk pemahaman dalam proses pembelajaran dan literasi informasi terkait materi yang diajarkan.

PRAKATA

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala rahmat dan karuniNya, penulis berhasil menyelesaikan tesis dengan judul “Pengembangan Perangkat RBL-STEM untuk Meningkatkan Literasi Informasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah RAC dan Skema Aplikasinya pada Teknologi ETLE dengan GNN”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata dua (S2) pada Program Studi Magister Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada.

1. Rektor Universitas Jember;
2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Koordinator Program Studi Magister Pendidikan Matematika Universitas Jember;
5. Dosen Pembimbing yang dengan sabar telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan tesis ini;
6. Dosen Penguji yang telah memberika masukan demi kesempurnaan tesis ini;
7. Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan ilmu;
8. Dosen dan Karyawan Program Studi Magister Pendidikan Matematika Universitas Jember;
9. Validator yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam proses validasi instrumen penelitian;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini. Penulis juga berharap, semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Jember, 8 Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
PUBLIKASI DARI TESIS	vi
HALAMAN PERSETUJUAN	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Spesifikasi Perangkat	5
1.6 Kebaharuan Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Research-Based Learning</i>	6
2.2 <i>Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM)</i>.....	7
2.3 Literasi Informasi.....	8
2.4 <i>Rainbow Antimagic Coloring</i>.....	9
2.5 <i>Graph Neural Network</i>.....	10
2.6 <i>Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE)</i>	12
2.7 Problematika STEM	12
2.8 Perangkat Pembelajaran	15

2.8.1	Rencana Pembelajaran Semester.....	15
2.8.2	Rancangan Tugas Mahasiswa	15
2.8.3	Lembar Kerja Mahasiswa	15
2.8.4	Tes Hasil Belajar	15
BAB 3. METODE PENELITIAN.....		16
3.1	Jenis Penelitian	16
3.2	Subjek, Waktu, dan Tempat Penelitian	16
3.3	Prosedur Penelitian	16
3.4	Teknik Pengumpulan Data.....	19
3.5	Teknik Analisis Data	19
3.5.1	Analisis Data Kuantitatif.....	20
3.5.2	Analisis Data Kualitatif.....	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		23
4.1	Kerangka Aktifitas RBL-STEM	23
4.2	Proses dan Hasil Pengembangan Perangkat RBL-STEM.....	36
4.2.1	Tahap Pendefinisian (D ₁).....	37
4.2.2	Tahap Perancangan (D ₂)	39
4.2.3	Tahap Pengembangan (D ₃)	40
4.2.4	Tahap Penyebaran (D ₄).....	45
4.3	Analisis Peningkatan Keterampilan Literasi Informasi Mahasiswa....	45
4.3.1	Analisis Data Kuantitatif	45
4.3.2	Analisis Data Kualitatif	47
4.4	Pembahasan	54
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59

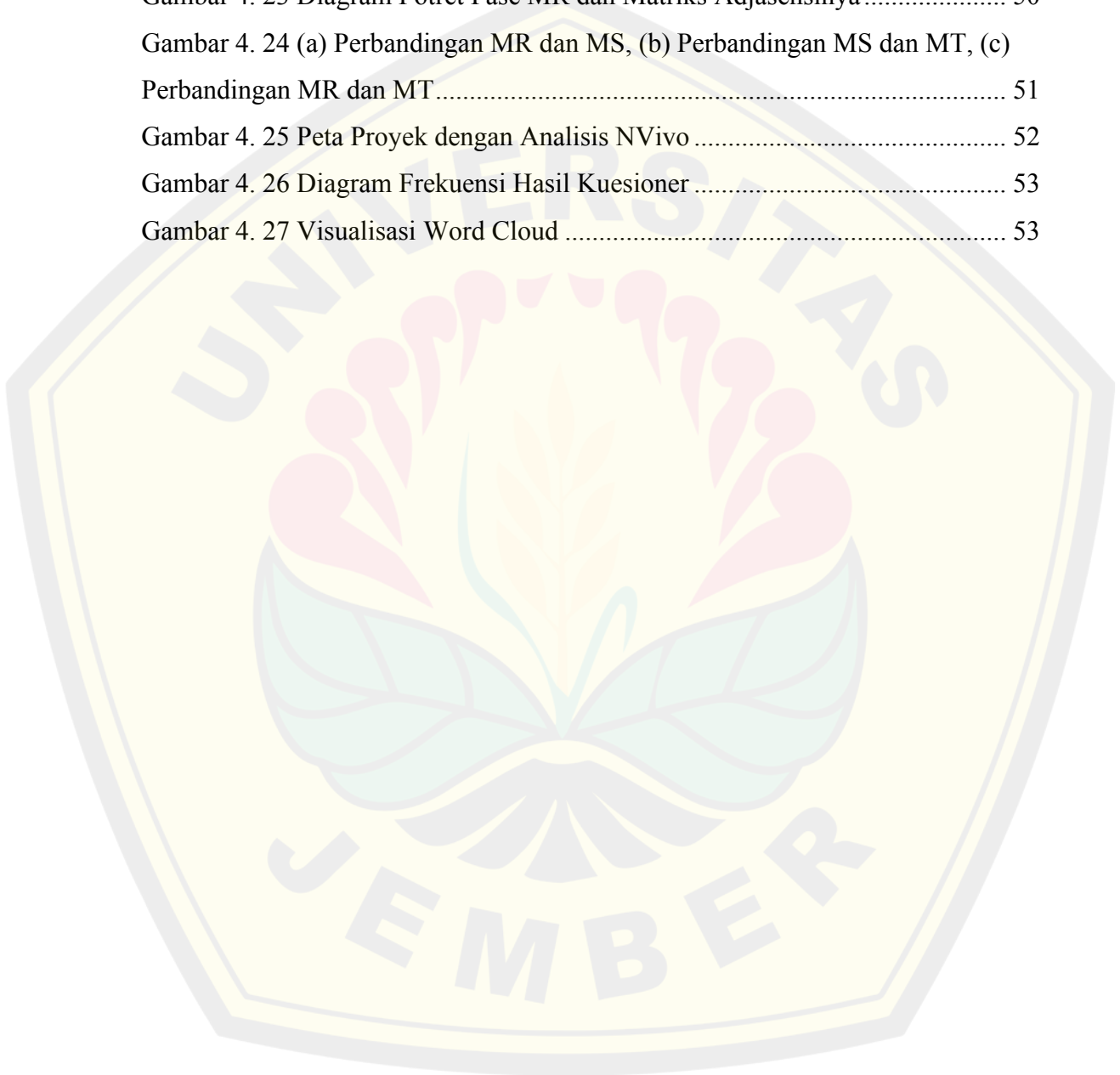
DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Aspek-Aspek yang dinilai dalam Penelitian	19
Tabel 4. 1 Bobot Sisi pada Graf Representasi Peta Lalu Lintas	32
Tabel 4. 2 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Pertama	33
Tabel 4. 3 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Kedua.....	33
Tabel 4. 4 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Ketiga	34
Tabel 4. 5 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Keempat.....	34
Tabel 4. 6 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Kelima	35
Tabel 4. 7 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Keenam.....	36
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Validasi Perangkat RBL-STEM	41
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Hasil Observasi Keterlaksanaan RBL-STEM.....	43
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa	44
Tabel 4. 11 Rekap Data Hasil Angket Respon Mahasiswa.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Relasi tripel helix dalam Research-Based Learning	6
Gambar 2. 2 Sintaks Pembelajaran Model Research-Based Learning.....	7
Gambar 2. 3 Tahapan 7 Pilar Literasi Informasi.....	9
Gambar 2. 4 Pewarnaan Pelangi Antiajaib pada Graf Tangga dengan $n = 11$	9
Gambar 2. 5 Embedding Graph Neural Network.....	12
Gambar 2. 6 CCTV pada ETLE.....	12
Gambar 2. 7 Skema Problematika STEM.....	13
Gambar 2. 8 Peta Salah Satu Lokasi Lalu Lintas Jember	14
Gambar 2. 9 Representasi Arus dan Jalan dalam Graf.....	14
Gambar 3. 1 Tahapan Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model 4-D	18
Gambar 3. 2 Skema Teknis Analisis Data	20
Gambar 4. 1 Unsur-unsur STEM pada Skema Teknologi ETLE.....	23
Gambar 4. 2 Kerangka Aktivitas RBL-STEM pada Permasalahan RAC.....	24
Gambar 4. 3 Peta Lalu Lintas pada Suatu Kawasan di Kabupaten Jember	25
Gambar 4. 4 Hasil forecasting dari data training dan testing, serta hasil loss.....	26
Gambar 4. 5 Hasil Multi-Step Forecasting 5 Hari Berikutnya.....	27
Gambar 4. 6 Visualisasi Graf dan Graf yang Merepresentasikan Nilai RRA.....	27
Gambar 4. 7 Data Nilai RRA dengan Aplikasi DepthmapX	28
Gambar 4. 8 Representasi Nilai RRA dengan Aplikasi DepthmapX.....	28
Gambar 4. 9 Data Spanning Tree dari Representasi Graf dengan Aplikasi Grin .	28
Gambar 4. 10 Prototype Multi-Step Series Forecasting.....	29
Gambar 4. 11 Spanning Tree dari Graf Representasi Peta Lalu Lintas	30
Gambar 4. 12 RAC dari Graf Spanning Tree Representasi Peta Lalu Lintas	31
Gambar 4. 13 Peta Konsep Topik Rainbow Antimagic Coloring.....	38
Gambar 4. 14 Desain Awal RPS, RTM, LKM, dan THB.....	40
Gambar 4. 15 Grafik sebaran nilai pretest dan posttest	45
Gambar 4. 16 Persentase level literasi informasi mahasiswa	46
Gambar 4. 17 Hasil Uji Normalitas.....	46

Gambar 4. 18 Korelasi pada Sampel Berpasangan	47
Gambar 4. 19 Hasil Paired Sample T Test	47
Gambar 4. 20 Kartu Potret Fase Literasi Informasi Mahasiswa	48
Gambar 4. 21 Diagram Potret Fase MT dan Matriks Adjasensinya	48
Gambar 4. 22 Diagram Potret Fase MS dan Matriks Adjasensinya	49
Gambar 4. 23 Diagram Potret Fase MR dan Matriks Adjasensinya	50
Gambar 4. 24 (a) Perbandingan MR dan MS, (b) Perbandingan MS dan MT, (c) Perbandingan MR dan MT	51
Gambar 4. 25 Peta Proyek dengan Analisis NVivo	52
Gambar 4. 26 Diagram Frekuensi Hasil Kuesioner	53
Gambar 4. 27 Visualisasi Word Cloud	53



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Matrik Penelitian	61
Lampiran 2. Perangkat Pembelajaran	64
Lampiran 3. Lembar Validasi dan Rubrik Perangkat Pembelajaran.....	132
Lampiran 4. Lembar Observasi Aktivitas Mahasiswa	145
Lampiran 5. Lembar Validasi dan Rubrik Observasi Aktivitas Mahasiswa.....	147
Lampiran 6. Lembar Observasi Keterlaksanaan	153
Lampiran 7. Lembar Validasi dan Rubrik Observasi Keterlaksanaan.....	156
Lampiran 8. Lembar Angket Respon Mahasiswa	161
Lampiran 9. Lembar Validasi dan Rubrik Angket Respon Mahasiswa.....	163
Lampiran 10. Lembar Kuesioner	168
Lampiran 11. Lembar Validasi dan Rubrik Kuesioner	170
Lampiran 12. Hasil Validasi Perangkat Pembelajaran (Validator 1).....	176
Lampiran 13. Hasil Validasi Perangkat Pembelajaran (Validator 2).....	180
Lampiran 14. Rekapitulasi Hasil Validasi Perangkat Pembelajaran.....	184
Lampiran 15. Hasil Validasi Lembar Observasi Aktivitas (Validator 1).....	187
Lampiran 16. Hasil Validasi Lembar Observasi Aktivitas (Validator 2).....	189
Lampiran 17. Rekapitulasi Hasil Validasi Lembar Observasi Aktivitas	191
Lampiran 18. Hasil Validasi Lembar Observasi Keterlaksanaan (Validator 1)..	193
Lampiran 19. Hasil Validasi Lembar Observasi Keterlaksanaan (Validator 2)..	195
Lampiran 20. Rekapitulasi Hasil Validasi Lembar Keterlaksanaan	197
Lampiran 21. Hasil Validasi Lembar Angket Respon (Validator 1)	199
Lampiran 22. Hasil Validasi Lembar Angket Respon (Validator 2)	201
Lampiran 23. Rekapitulasi Hasil Validasi Lembar Angket	203
Lampiran 24. Hasil Validasi Kuesioner (Validator 1)	204
Lampiran 25. Hasil Validasi Kuesioner (Validator 2)	207
Lampiran 26. Rekapitulasi Hasil Validasi Kuesioner	210
Lampiran 27. Kriteria dalam Penelitian	212
Lampiran 28. Hasil Wawancara Mahasiswa Subjek MT.....	213

Lampiran 29. Hasil Wawancara Mahasiswa Subjek MS	215
Lampiran 30. Hasil Wawancara Mahasiswa Subjek MR	217
Lampiran 31 Indikator dan Sub Indikator Literasi Informasi	219
Lampiran 32. Distribusi nilai TD, MD, RA, RRA.....	221
Lampiran 33. Dokumentasi.....	222
Lampiran 34. Artikel ICONNSMAL	223
Lampiran 35. LoA ICONNSMAL	235
Lampiran 36. Artikel 1 ICCGANT	236
Lampiran 37. LoA 1 ICCGANT	249
Lampiran 38. Artikel 2 ICCGANT	250
Lampiran 39. LoA 2 ICCGANT	263
Lampiran 40. Artikel IJCSRR.....	264
Lampiran 41. LoA IJCSRR.....	272
Lampiran 42. Data Input	273
Lampiran 43. Data Normalisasi	340
Lampiran 44. Lembar Revisi Tesis	407
Lampiran 45. Biografi Penulis	408



<https://unej.id/LampiranExcelsa>

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan adalah suatu usaha yang terencana dan sadar untuk terciptanya proses pembelajaran dan suasana belajar sehingga peserta didik dapat memiliki pengendalian diri dan mengembangkan potensi dirinya secara aktif, cerdas, terampil, dan berakhlak mulia. Pada era globalisasi ini pendidikan merupakan sarana yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Pendidikan juga harus memiliki standar nasional agar suatu tujuan dari pendidikan dapat tercapai. Pemerintah telah mengatur standar nasional pendidikan yang didalamnya menunjukkan bahwa materi numerasi atau matematika wajib termuat pada setiap jenjang pendidikan. Dari peraturan tersebut dapat diketahui bahwa matematika merupakan sarana yang sangat penting dalam berbagai perkembangan ilmu. Peserta didik yang mempelajari matematika terutama di jenjang perguruan tinggi sangat diharapkan mampu beradaptasi dengan baik dalam perkembangan ilmu tersebut.

Konsep dan prinsip matematika digunakan dalam setiap kegiatan sehari-hari seperti menghitung dan mengukur. Selain itu, peran ilmu matematika sangat penting dalam menyelesaikan suatu masalah aktivitas kehidupan sehari-hari. Pada era industri 4.0, seseorang akan sangat sulit menjalani kehidupan normal di dunia tanpa menggunakan matematika. Oleh karena itu sangat perlu setiap individu untuk mempelajari matematika, tujuannya agar setiap individu mampu memenuhi kebutuhan perkembangan dan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Permasalahan dalam matematika dapat ditemukan pada pengaplikasian materi *rainbow antimagic coloring* yang merupakan salah satu sub ilmu dari teori graf. Permasalahan pengaplikasian *rainbow antimagic coloring* yang dipilih yaitu pada teknologi ETLE (*Electronic Traffic Law Enforcement*). Pemilihan permasalahan ini sebagai pengembangan ilmu matematika itu sendiri dan juga dapat melibatkan beberapa komponen bidang ilmu lainnya, seperti *graph neural network* (GNN).

Perkembangan ilmu matematika yang kompleks tersebut tentunya memerlukan suatu keterampilan yang memanfaatkan teknologi digital sesuai

dengan era industri 4.0, keterampilan tersebut dapat berupa keterampilan literasi informasi. Literasi informasi (*information literacy*) yaitu keterampilan seseorang dalam mengidentifikasi, dan memahami masalah, merencanakan terobosan, mengumpulkan, mengevaluasi, dan mengolah data, serta mengomunikasikannya dalam berbagai format. Ketujuh indikator tersebut harus dimiliki mahasiswa agar dapat memecahkan permasalahan matematika pada kehidupan sehari-hari. Keterampilan literasi informasi perlu ditingkatkan karena sebagian besar mahasiswa tidak akrab dengan dimensi baru literasi informasi dan kunci konsep yang mendefinisikan literasi informasi abad ke-21 serta gar dapat melihat pentingnya dalam mempelajari cara mencari, membedakan, dan mengelola informasi untuk melaksanakan tugas akademik mereka.

Sistem universitas di Amerika Serikat menyebutkan bahwa sebagian besar gelar sarjana memiliki literasi informasi yang rendah terlepas dari kenyataan bahwa pelatihan akademik mereka semakin dibutuhkan. Dibuktikan oleh McGraw Hill Education bahwa hanya 4 dari setiap 10 mahasiswa sarjana yang merasa sangat siap untuk kehidupan kerja di masa depan (Cahyono, 2021). Angka tersebut menempatkan celah karena kurang dari setengah dan menunjukkan bahwa rendahnya keterampilan literasi informasi berpengaruh untuk kesiapan kehidupan di masa depan. Oleh karena itu, keterampilan literasi informasi dibutuhkan dan dapat membantu mahasiswa dalam menyelesaikan dan mengomunikasikan suatu permasalahan matematika dalam kehidupan sehari-hari, bahkan berdampak pada kesiapan masa depan atau pada jenjang pendidikan berikutnya. Dalam hal ini keinginan perkembangan ilmu matematika yang kompleks akan tercapai dengan meningkatkan keterampilan literasi informasi.

Keterampilan literasi informasi pada era 4.0 ini juga tidak luput dalam keterkaitannya dengan teknologi digital, seorang pendidik dapat menggunakan model dan pendekatan untuk menunjang proses pembelajaran tersebut, dan model sekaligus pendekatan yang dapat diterapkan yaitu RBL-STEM. *Research-Based Learning* (RBL) adalah suatu metode pembelajaran dengan konsep multi-segi yang mengacu pada berbagai strategi pembelajaran dan pengajaran yang menghubungkan penelitian dan pengajaran (Blackmore & Fraser, 2007).

Sedangkan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) adalah kurikulum multi-disiplin yang berfokus terhadap sains, teknologi, teknik, dan matematika yang terintegrasi dengan proses pendidikan dan berfokus pada pemecahan masalah pada kehidupan sehari-hari serta dalam kehidupan profesional (Healey et al., 2014). Penerapan RBL-STEM pada pembelajaran dapat mendorong mahasiswa untuk mengontruksi, mengembangkan, mengevaluasi, mengomunikasikan, memanfaatkan teknologi, mengaplikasikan pengetahuan. Maka dari itu, pelaksanaan penelitian RBL-STEM ini dilakukan pada mahasiswa mata kuliah Aplikasi Graf kelas E semester 5 S1 Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Jember. Alasan dilaksanakan pada subjek tersebut karena materi RAC dapat diterapkan pada mata kuliah tersebut, lalu telah dilakukan analisis awal berdasarkan wawancara dosen pengampu bahwa tingkat literasi informasi di kelas E semester 5 masih relatif rendah, sehingga perlu dilakukan penelitian RBL-STEM yang dapat membantu meningkatkan literasi informasi mahasiswa.

Beberapa penelitian terkait RBL-STEM yaitu menganalisis keterampilan berpikir kreatif-inovatif mahasiswa dalam memecahkan masalah *rainbow antimagic coloring* dengan model *Research-Based Learning* (Sulistiyono et al., 2020). Penelitian lainnya yaitu pengembangan perangkat *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEM dalam meningkatkan metaliterasi siswa menyelesaikan masalah himpunan pasangan berurutan (Jannah et al., 2022). Dengan memerhatikan pelaksanaan RBL-STEM yang peneliti lain lakukan dalam menyelesaikan suatu permasalahan di bidang matematika, maka dilakukan penelitian yang serupa dalam mengembangkan perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan keterampilan literasi informasi mahasiswa dalam menyelesaikan RAC. Untuk mengukur bahwa perangkat dapat digunakan dan dapat meningkatkan literasi informasi, dilakukan tes hasil belajar dengan mengukur hasil *pretest* dan *posttest* mahasiswa. Sehingga peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Pengembangan Perangkat RBL-STEM Untuk Meningkatkan Literasi Informasi Mahasiswa Menyelesaikan Masalah *Rainbow Antimagic Coloring* dan Skema Aplikasinya pada Teknologi ETLE dengan *Graph Neural Network*”.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana kerangka aktifitas pembelajaran RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN?
- b. Bagaimana proses dan hasil pengembangan perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN?
- c. Bagaimana analisis peningkatan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN saat penerapan perangkat RBL-STEM?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan latar belakang di atas, maka tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Membangun kerangka aktifitas pembelajaran RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN;
- b. Menyusun proses dan hasil pengembangan perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN;
- c. Menganalisis peningkatan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN saat penerapan perangkat RBL-STEM.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi pendidik perguruan tinggi, sebagai masukan dan acuan dalam pembuatan perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *Rainbow Antimagic Coloring* dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan *Graph Neural Network*;

- b. Bagi calon pendidik perguruan tinggi, sebagai informasi untuk pembuatan perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa dalam menyelesaikan masalah *Rainbow Antimagic Coloring* dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan *Graph Neural Network*.

1.5 Spesifikasi Perangkat

Produk yang akan dihasilkan dari kegiatan penelitian ini adalah berupa perangkat RBL-STEM dalam masalah RAC dan aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN, yang diantaranya berupa:

- a. Rencana Pembelajaran Semester (RPS) menggunakan RBL-STEM dalam masalah RAC dan aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN.
- b. Rancangan Tugas Mahasiswa (RTM) menggunakan RBL-STEM dalam masalah RAC dan aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN.
- c. Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) menggunakan RBL-STEM dalam masalah RAC pada keluarga graf pohon dan aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN.
- d. Tes Hasil Belajar (THB) literasi informasi mahasiswa.

1.6 Kebaharuan Penelitian

Adapun kebaruan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kerangka aktifitas pembelajaran RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN;
- b. Perangkat RBL-STEM dalam masalah RAC pada keluarga graf pohon dan aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN, yang diantaranya berupa RPS; RTM; LKM yang berisikan tugas, petunjuk, dan langkah pembelajaran yang akan menuntun mahasiswa menyelesaikan permasalahan yang disediakan; serta THB dengan *pre* dan *post* tes literasi informasi mahasiswa;
- c. Hasil analisis literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan aplikasinya pada teknologi ETLE dengan GNN menggunakan perangkat RBL-STEM.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

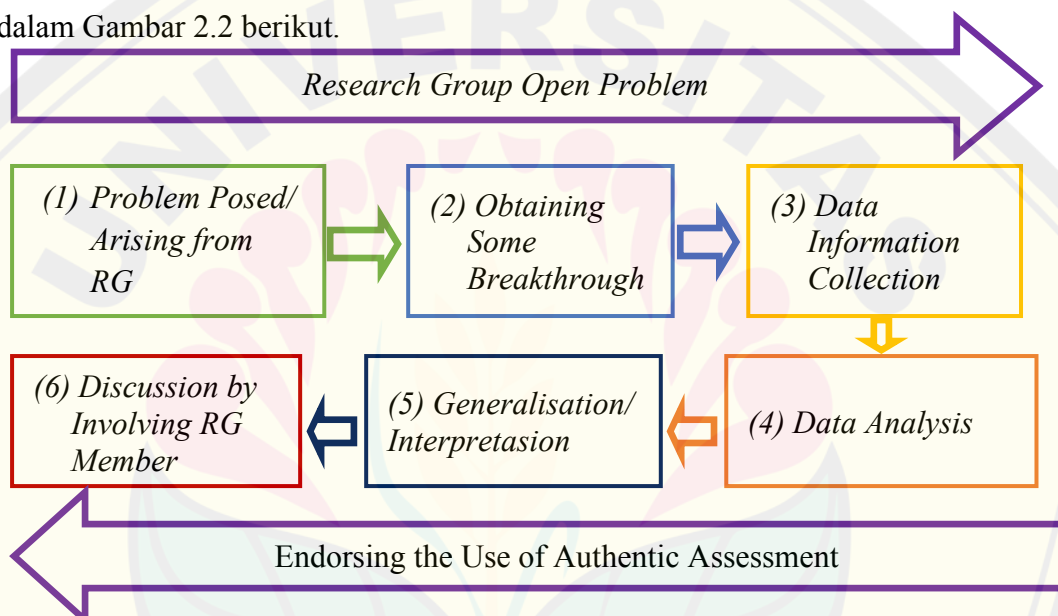
2.1 *Research-Based Learning*

Secara sederhana Pembelajaran Berbasis Riset atau *Research-Based Learning* (PBR/RBL) adalah proses pembelajaran yang membawa hasil-hasil penelitian ke dalam kelas. Alan Jenkins (2004) menulis bukunya terkait RBL pada panduan penelitian, termasuk didalamnya hubungan antara penelitian dan pembelajaran. Selanjutnya kajian RBL terus dilakukan oleh para peneliti lain, misal oleh (Blackmore & Fraser, 2007) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis riset dapat meningkatkan prestasi akademik, mendorong proses pembelajaran, dan mendorong mahasiswa untuk membangun pengetahuannya. Khamdit (2014) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis riset adalah pembelajaran yang menekankan pada latihan, belajar dari situasi nyata, menghasilkan sesuatu dari proses berpikir, membentuk pengetahuan individu menggunakan proses berfikir, menggunakan proses penelitian untuk memecahkan suatu masalah, menemukan jawaban dari keraguan, dan menganalisis data sendiri. Setelah itu banyak peneliti lain berinovasi dalam mengembangkan RBL ini dan mempublishtnya dalam sebuah jurnal inovasi penelitian tentang RBL misalnya adalah terkait efektivitas pembelajaran RBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Dafik et al., 2019).



Gambar 2. 1 Relasi *tripel helix* dalam *Research-Based Learning*

Research-Based Learning membutuhkan tiga elemen inti yaitu dosen, kelas pembelajaran, dan *team teaching* (Kelompok Riset/Keris). Ketiga unsur itu dipandang sebagai relasi *triple helix* yang tidak dapat dipisahkan sebagaimana Gambar 2.1. Dosen yang tergabung dalam KeRis mempunyai bidang kajian, kemudian pendidik memaparkan kajiannya di depan kelas, melalui model *problem posing* dikembangkanlah masalah yang bersumber dari masalah KeRis. Relasi *triple helix* inilah yang merupakan dasar pelaksanaan *research-based learning*. Terkait sintaks pembelajaran model *Research-Based Learning*, Suntusia et al (2019) yang direvisi oleh Gita et al (2021), mengungkapkannya secara grafis dalam Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2 Sintaks Pembelajaran Model *Research-Based Learning*

2.2 *Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM)*

National Science Foundation menciptakan inovasi baru dalam pendidikan yang disebarluaskan di Amerika Serikat pada tahun 1900-an guna menciptakan generasi muda dan angkatan kerja yang memiliki pengetahuan, keterampilan, serta unggul dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang akan menaikkan daya saing global. Inovasi baru tersebut yaitu pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) (Winarni et al., 2016). Mary Margaret Capraro (2019) menyatakan bahwa STEM membantu orang lain menerapkan

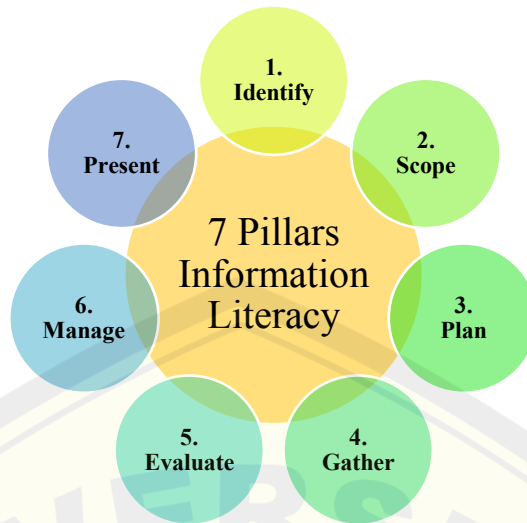
instruksi berbasis standar yang membutuhkan pembelajaran ke akuntabilitas yang lebih besar melalui tugas-tugas terpadu dan bermakna.

Terdapat tiga jenis pendekatan dalam pembelajaran berbasis STEM yang dirancang oleh Roberts & Cantu (2012) yaitu pendekatan Silo, pendekatan Tertanam, dan pendekatan Terpadu. Menggunakan pendidikan STEM untuk mendorong pembelajaran mahasiswa, kegiatan STEM di universitas dapat memadukan masing-masing unsur STEM yang diajarkan dalam perkuliahan (Nidawan et al., 2020). Maka pendekatan yang sesuai diterapkan di universitas yaitu pembelajaran STEM yang menggunakan pendekatan terpadu, karena pendidik dapat memadukan unsur STEM pada suatu mata kuliah.

2.3 Literasi Informasi

Literasi informasi (*information literacy*) merupakan kecakapan seseorang untuk menyadari kebutuhan informasi, menemukan dan mengevaluasi kualitas informasi, menyimpan dan menemukan informasi kembali, membuat dan menggunakan informasi secara etis dan efektif, serta mengomunikasikannya. Konsep literasi informasi pertama kali diperkenalkan pada tahun 1974 di Amerika oleh Paul Zurkowski (*president of Information Industries Association*) (Septiyantono, 2014). Makna konsep tersebut yaitu, orang yang terlatih untuk menggunakan sumber-sumber informasi dalam menyelesaikan tugas mereka.

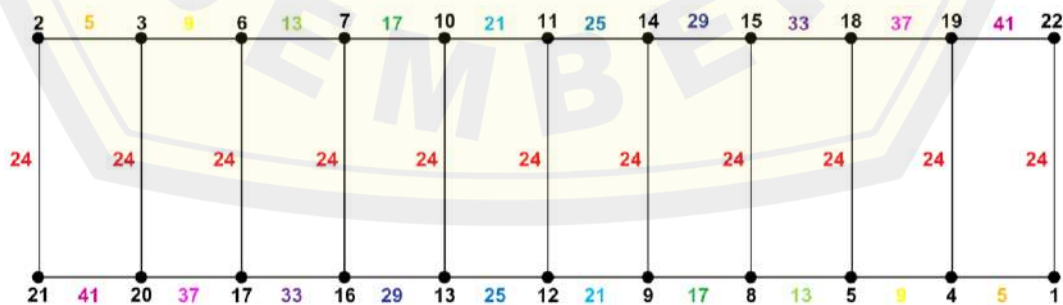
Pada tahun 1999, SCONUL (*Society of College, National and University Libraries*), menerbitkan 7 pilar informasi literasi untuk memfasilitasi pengembangan ide-ide lebih lanjut diantara para praktisi di lapangan, dalam usaha merangsang munculnya gagasan mengenai bagaimana literasi informasi dapat digunakan dalam bidang pendidikan untuk mengembangkan keterampilan mahasiswa (Johnston & Weber, 2003). Tujuh pilar tersebut yaitu *identify*, *scope*, *plan*, *gather*, *evaluate*, *manage*, dan *present/communicate* (Dalton, 2013). *Identify*, *scope*, *plan*, dan *gather* merupakan pilar yang menggambarkan keterampilan teknologi informasi. Sedangkan *evaluate*, *manage*, dan *present/communicate* merupakan pilar yang menggambarkan keterampilan dasar kepustakaan (Yudistira, 2017).



Gambar 2. 3 Tahapan 7 Pilar Literasi Informasi

2.4 Rainbow Antimagic Coloring

Graf G dikatakan memiliki label antiajaib (*antimagic labelling*) jika setiap sisi diberi label dengan bilangan bulat positif $\{1, 2, 3, \dots, k\}$ sehingga dua titik memiliki bobot yang berbeda dan akhirnya semua titik pada graf G tidak memiliki bobot titik yang sama (Hutchinson et al., 1991). Chartrand et al (2019) memperkenalkan *rainbow coloring* atau pewarnaan pelangi. *Rainbow antimagic coloring* atau pewarnaan pelangi antiajaib merupakan gabungan dua konsep yaitu pelabelan antiajaib dan pewarnaan pelangi. Sebuah lintasan P adalah graf G yang titiknya terlabeli dikatakan sebagai lintasan pelangi, jika untuk setiap dua sisi $uv, u'v' \in E(P)$, terdapat $w_f(uv) \neq w_f(u'v')$. Jika untuk setiap dua titik u dan v dari G terdapat lintasan pelangi $u - v$, maka f disebut dengan pewarnaan pelangi antiajaib dari graf G . Contoh pewarnaan pelangi antiajaib pada graf tangga dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Pewarnaan Pelangi Antiajaib pada Graf Tangga dengan $n = 11$

2.5 Graph Neural Network

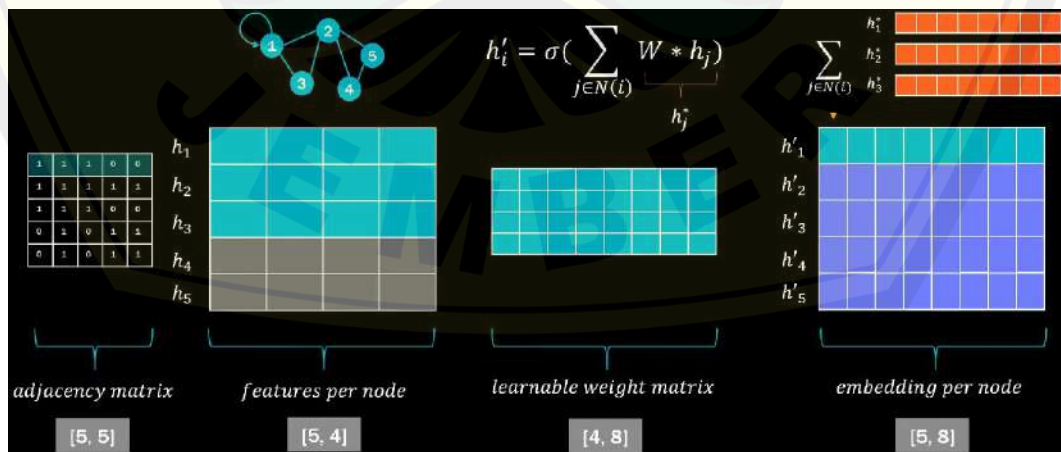
Neural network atau jaringan saraf adalah model matematika yang digunakan untuk komputasi yang memiliki kemampuan dalam menemukan pola dan memetakan satu masukan menjadi luaran yang dilatih berdasarkan pelatihan. Jaringan saraf tiruan memiliki arsitektur jaringan yang terdiri dari lapisan atau *layer* yang saling menghubungkan satu sama lainnya, yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* (Borman et al., 2022). *Graph Neural Network* merupakan sebuah tipe dari *neural network* yang menggunakan data struktur graf pada dataset dan outputnya. Pada umumnya, GNN memiliki tujuan untuk mengklasifikasi setiap simpul pada graf dan makna dari setiap simpul tersebut. GNN termasuk dalam tipe *supervised learning* sehingga data pada dataset setiap simpul diberi label terlebih dahulu. Kemudian model akan dilatih untuk dapat memprediksi label dari setiap simpul (Scarselli et al., 2009). Berdasarkan Dafik et al., (2023), berikut algoritma atau langkah-langkah matematis GNN:

- Diberikan graf $G(V, E)$ dengan orde n dan matriks fitur $H_{n \times m}$ dengan n adalah titik dan m adalah fitur. Misalkan himpunan titik dari suatu graf adalah $V(G) = \{v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n\}$ dan himpunan sisi suatu graf G adalah $E(G) = \{v_i v_j \mid v_i, v_j \in V(G)\}$. Dan diberikan fitur-fitur dari setiap titik

$$H_{v_i} = \begin{bmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} & \cdots & s_{1,m} \\ s_{2,1} & s_{2,2} & \cdots & s_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{n,1} & s_{n,2} & \cdots & s_{n,m} \end{bmatrix}.$$

- Menetapkan matriks ketetanggaan A dari graf G dan buat matriks $B = A + I$, dimana I adalah matriks identitas.
- Inisialisasi bobot W , bias β , tingkat pembelajaran α . Misal himpunan $W_{m \times 1} = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_m]$, dimana $0 < w_j < 1$, bias $\beta = 0$ dan $0 < \alpha < 1$.
- Kalikan bobot W dengan titik fitur, dengan cara mengatur fungsi pesan $m_u^l = MSG^l(h_u^{l-1})$, untuk untuk lapisan linier $m_u^l = W^l(h_u^{l-1})$.

- e. *Embedding* titik dapat ditentukan dengan *message passing* dari titik tetangga v , dengan mengatur fungsi $h_v^l = AGG^l \{m_u^{l-1}, u \in N(v)\}$ dan menerapkan penjumlahan (*sum*) fungsi $h_v^l = SUM^l \{m_u^{l-1}, u \in N(v)\}$ yang berkaitan dengan matriks B .
- f. Menetapkan eror, dengan mengatur $error^l = \frac{\|h_{v_i} - h_{v_j}\|_2}{|E|}$, dimana v_i, v_j adalah dua titik yang berdekatan.
- g. Amati apakah $error \leq \epsilon$ atau tidak. Jika ya maka berhenti, jika tidak maka lakukan langkah berikut ini untuk memperbarui pembelajaran bobot matriks W .
- h. Perbarui pembelajaran bobot matriks dengan mengatur $W^{l+1} = W_j^l + \alpha \times z_j \times e^l$ dimana z_j adalah jumlah dari masing-masing kolom pada $H_{v_i}^l$ dan bagi dengan jumlah titik.
- i. Lakukan langkah d–g sampai $error \leq \epsilon$.
- j. Simpan hasil *embedding* ke dalam vektor, dengan memberi nama file vektor dengan *embedding_data.mat*. Saat data merupakan data deret waktu, maka lakukan proses yang sama untuk observasi data berikutnya.
- k. Muat *embedding_data.mat* lalu gunakan pembelajaran mesin deret waktu untuk melakukan peramalan.
- l. Dapatkan hasil pelatihan, pengujian, dan peramalan terbaik, lalu STOP.



Gambar 2. 5 *Embedding Graph Neural Network*

2.6 *Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE)*

Electronic Traffic Law Enforcement (Penegakan Hukum Lalu Lintas Elektronik) yang sering disingkat menjadi ETLE adalah digitalisasi proses tilang (bukti pelanggaran) dengan memanfaatkan teknologi yang diharapkan lebih efisien dan efektif dalam seluruh proses tilang serta membantu polisi dalam pengelolaan administrasi (Indarsih, 2021). Tidak ada rahasia bahwa praktik suap selama operasi lalu lintas sering terjadi, itulah alasan polisi Republik Indonesia telah menerapkan sistem E-Tilang dan sistem ETLE, yang diyakini dapat mengurangi praktik pemerasan (pungli) dan suap. Salah satu penanganan masalah ini adalah dengan menggunakan teknologi informasi seperti rekaman kamera CCTV (*Closed Circuit Television*). (Noviani et al., 2018).



Gambar 2. 6 CCTV ETLE Lalu Lintas dan ETLE Mobile

(Sumber: https://img.inews.co.id/media/822/files/inews_new/2021/03/19/19_sindo_tilang_elektronik_2_.JPG)

2.7 **Problematika STEM**

Banyaknya kendaraan pada kota besar di Indonesia menyebabkan banyaknya pula pelanggaran yang dilakukan para pengguna lalu lintas. Beberapa pelanggaran lalu lintas tersebut dapat terdeteksi melalui CCTV pada ETLE atau Penegakan Hukum Lalu Lintas Elektronik. Beberapa pelanggaran yang dapat terdeteksi oleh CCTV pada ETLE, yaitu 1) pelanggaran tanda atau marka jalan, 2) pelanggaran batas kecepatan, 3) pelanggaran prosedur parkir dan berhenti, 4) pelanggaran ketentuan muatan, 5) pengendara melawan arus, 6) pengendara tidak menggunakan helm, 7) pengendara tidak menggunakan sabuk pengaman, serta 8) pengendara menggunakan telepon seluler saat mengemudi.

Beberapa pelanggaran yang dapat terdeteksi CCTV pada ETLT tersebut dapat dianalisis seberapa banyaknya pelanggaran di sebuah jalan di salah satu kota di Indonesia. Misalnya di Kabupaten Jember, dianalisis seberapa banyak dan seberapa sering pelanggaran lalu lintas terjadi. Dengan begitu, dapat diprediksi pula dimana atau di jalan apa akan terjadi banyak pelanggaran, kapan dan tepat pukul berapa pada suatu jalan tersebut terjadi banyak pelanggaran. Oleh karena itu, fenomena tersebut dapat ditarik sebagai latar belakang masalah sains. Dengan latar belakang masalah tersebut, perlu dukungan teknologi pula untuk dapat menyelesaikan penyelesaian jawaban prediksi-prediksi tersebut dengan tepat. Dan teknologi yang diperlukan adalah aplikasi Microsoft Excel dan Python untuk proses *input data* dan *forecasting*.

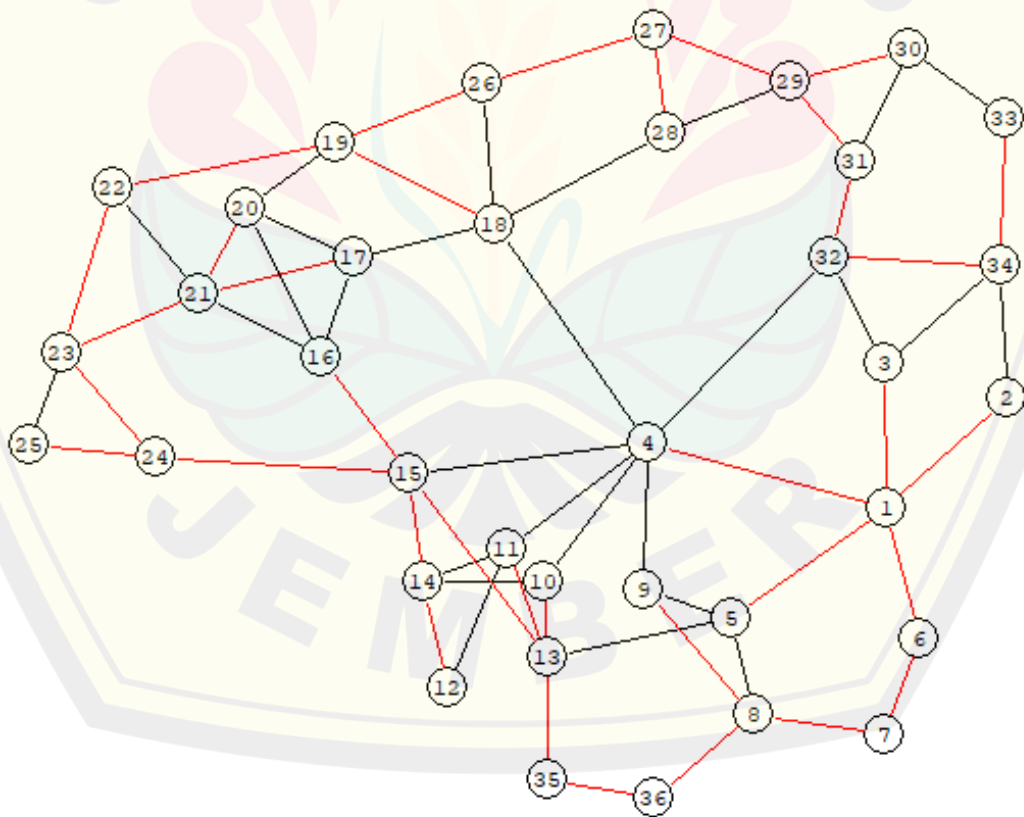
Selain teknologi yang mendukung, diperlukan juga teknik yang tepat untuk menyelesaikan masalah *forecasting* pelanggaran lalu lintas pada ETLT, yaitu menggunakan bidang matematika tepatnya pada materi *rainbow antimagic coloring*. *Rainbow antimagic coloring* menggunakan algoritma matematika yang dipadu-padankan dengan teknik *graph neural network* (GNN). Dengan serangkaian problematika tersebut, maka dapat diskemakan unsur problematika STEM sebagai berikut.



Gambar 2. 7 Skema Problematika STEM



Gambar 2. 8 Peta Salah Satu Lokasi Lalu Lintas Jember



Gambar 2. 9 Representasi Arus dan Jalan dalam Graf

2.8 Perangkat Pembelajaran

2.8.1 Rencana Pembelajaran Semester

Menurut Permenristekdikti No. 44 Tahun 2015 dijelaskan bahwa rencana pembelajaran semester (RPS) ditetapkan dan dikembangkan oleh dosen sendiri atau bersama kelompok keahlian suatu bidang ilmu pengetahuan dan/atau teknologi dalam program studi. RPS ini paling sedikit memuat: 1) Nama program studi, nama dan kode mata kuliah, semester, SKS, nama dosen pengampu; 2) Capaian pembelajaran lulusan; 3) Kemampuan akhir yang direncanakan; 4) Bahan kajian; 5) Metode pembelajaran; 6) Waktu yang; 7) Pengalaman belajar mahasiswa; 8) Kriteria, indikator, bobot penilaian; serta 9) Daftar referensi yang digunakan.

2.8.2 Rancangan Tugas Mahasiswa

Pengembangan rancangan tugas mahasiswa (RTM) ini disesuaikan dengan kemampuan akhir yang harus dicapai oleh mahasiswa. Tidak ada standar baku dalam penyusunan RTM ini, namun pada umumnya memuat hal berikut, 1) fakultas, program studi, mata kuliah, SKS, semester, kode mata kuliah; 2) bentuk tugas dan judul tugas; 3) sub capaian mata kuliah yang disesuaikan dengan silabus, RPS, dan kontrak perkuliahan; 4) deskripsi tugas; 5) tahapan pengerjaan tugas; 6) indikator, kriteria, bobot penilaian; 8) jadwal dan waktu pelaksanaan; serta 9) daftar rujukan (Rikayani et al., 2017).

2.8.3 Lembar Kerja Mahasiswa

Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) merupakan *worksheet* atau suatu media pembelajaran yang dapat digunakan untuk mendukung proses belajar (Beladina & Suyitno, 2013). LKM berisikan materi, ringkasan, petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran, dan tugas atau proyek yang harus dikerjakan oleh mahasiswa, baik bersifat teoritis dan/atau praktis yang mengacu pada kompetensi yang harus dicapai.

2.8.4 Tes Hasil Belajar

Tes Hasil Belajar (THB) untuk mahasiswa yang dilakukan pada penelitian ini adalah *pretest* dan *posttest*. *Pretest* adalah tes yang diberikan kepada mahasiswa sebelum dimulai tindakan untuk mengukur tingkat keterampilan mahasiswa. Sedangkan *posttest* adalah tes yang diberikan kepada mahasiswa setelah diberlakukan.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan digunakan adalah penelitian dan pengembangan (*research and development*). Tujuan pada penelitian ini yaitu mengembangkan perangkat *research-based learning* dengan menggunakan pendekatan STEM dan akan menghasilkan produk perangkat pembelajaran berupa rencana pembelajaran semester (RPS), rancangan tugas mahasiswa (RTM), lembar kerja mahasiswa (LKM), dan tes hasil belajar (THB).

3.2 Subjek, Waktu, dan Tempat Penelitian

Subjek penelitian yang dipilih dalam penelitian ini adalah mahasiswa S1 semester 5 pada mata kuliah Aplikasi Graf. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2023/2024 yang bertempat penelitian di Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Jember.

3.3 Prosedur Penelitian

Pengembangan perangkat pembelajaran pada penelitian kali ini menggunakan model pengembangan Thiagarajan yaitu 4D-Model yang terdiri dari tahap pendefinisian (*define*), tahap perancangan (*design*), tahap pengembangan (*develop*), dan tahap penyebaran (*disseminate*). Bagan skema pengembangan perangkat pembelajaran 4D-Model dapat dilihat pada Gambar 3.1.

1) Tahap Pendefinisian

Tahap pendefinisian (*define*) merupakan suatu studi pendahuluan yang bertujuan untuk menetapkan hal-hal yang dibutuhkan dalam pembelajaran dan menyusun rancangan awal. Terdapat 5 langkah pada tahap ini yaitu.

- a) Analisis awal-akhir dilakukan guna menetapkan dan memunculkan masalah yang terdapat dalam kegiatan pembelajaran.
- b) Analisis mahasiswa dilakukan guna menelaah karakteristik mahasiswa terhadap keterampilan literasi informasi mahasiswa.

- c) Analisis konsep dilakukan untuk mengidentifikasi, merinci, dan menyusun secara sistematis konsep relevan yang akan diajarkan.
- d) Analisis tugas bertujuan untuk mengidentifikasi tugas utama yang diperlukan mahasiswa sesuai dengan kurikulum yang berlaku.
- e) Spesifikasi tujuan pembelajaran dilakukan guna merumuskan atau menentukan tujuan pembelajaran yang akan dicapai oleh mahasiswa.

2) Tahap Perancangan

Tahap perancangan (*design*) bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran yang akan digunakan sehingga diperoleh contoh perangkat pembelajaran. Terdapat 4 langkah pada tahap ini yaitu.

- a) Penyusunan tes dan instrumen penelitian. Penyusunan tes berupa *pretest* dan *posttest*. Penyusunan instrumen penelitian berupa lembar validasi, keterlaksanaan pembelajaran, dan observasi aktivitas.
- b) Pemilihan media merupakan langkah yang dilakukan untuk menentukan media yang tepat dengan materi yang telah dipilih.
- c) Pemilihan format merupakan langkah untuk memilih format media pembelajaran yang meliputi rancangan isi, strategi pembelajaran, dan sumber belajar.
- d) Perancangan awal adalah seluruh rancangan perangkat pembelajaran yang harus dikerjakan sebelum diuji coba.

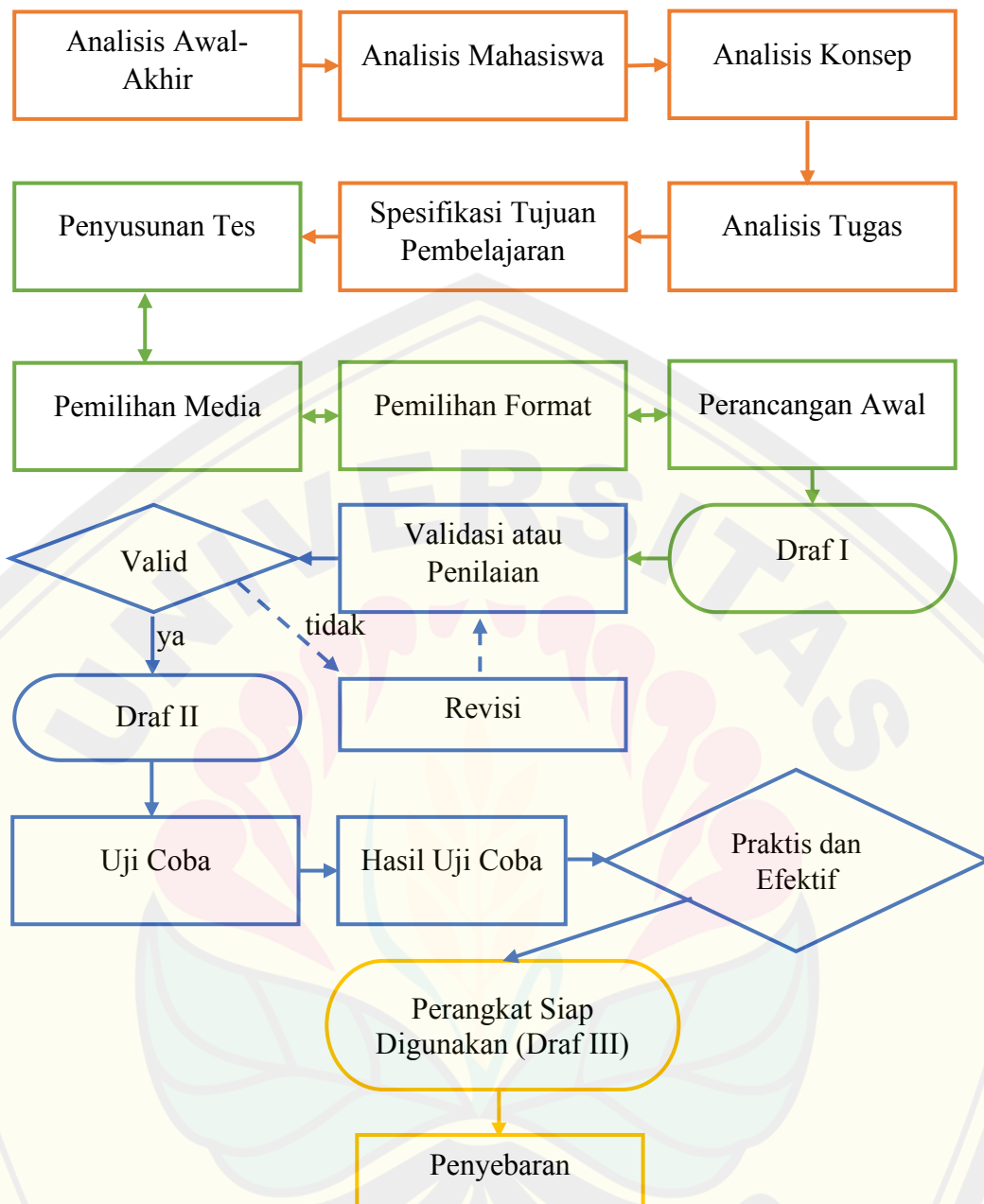
3) Tahap pengembangan

Tahap pengembangan (*develop*) memiliki tujuan untuk menghasilkan produk pengembangan yang dilakukan melalui dua langkah yaitu penilaian ahli yang diikuti dengan revisi dan uji coba pengembangan.

4) Tahap penyebaran

Tahap penyebaran (*dissemate*) yang memiliki tujuan dalam menyebarluaskan penggunaan perangkat yang telah dikembangkan oleh peneliti dalam skala yang lebih luas dengan cara mengunggah dalam bentuk *ebook* ke internet agar dapat diunduh oleh pengajar universitas lain.

Secara ringkas, berikut adalah Gambar 3.1 mengenai langkah-langkah desain dan pengembangan penelitian.



Gambar 3. 1 Tahapan Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model 4-D

- Keterangan:
- : Tahap I (Pendefinisian)
 - : Tahap II (Perancangan)
 - : Tahap III (Pengembangan)
 - : Tahap IV (Penyebaran)
 - : Jenis kegiatan
 - ◇ : Analisis Uji
 - : Hasil kegiatan
 - : Urutan kegiatan
 - - - - -> : Siklus yang mungkin dilaksanakan

3.4 Teknik Pengumpulan Data

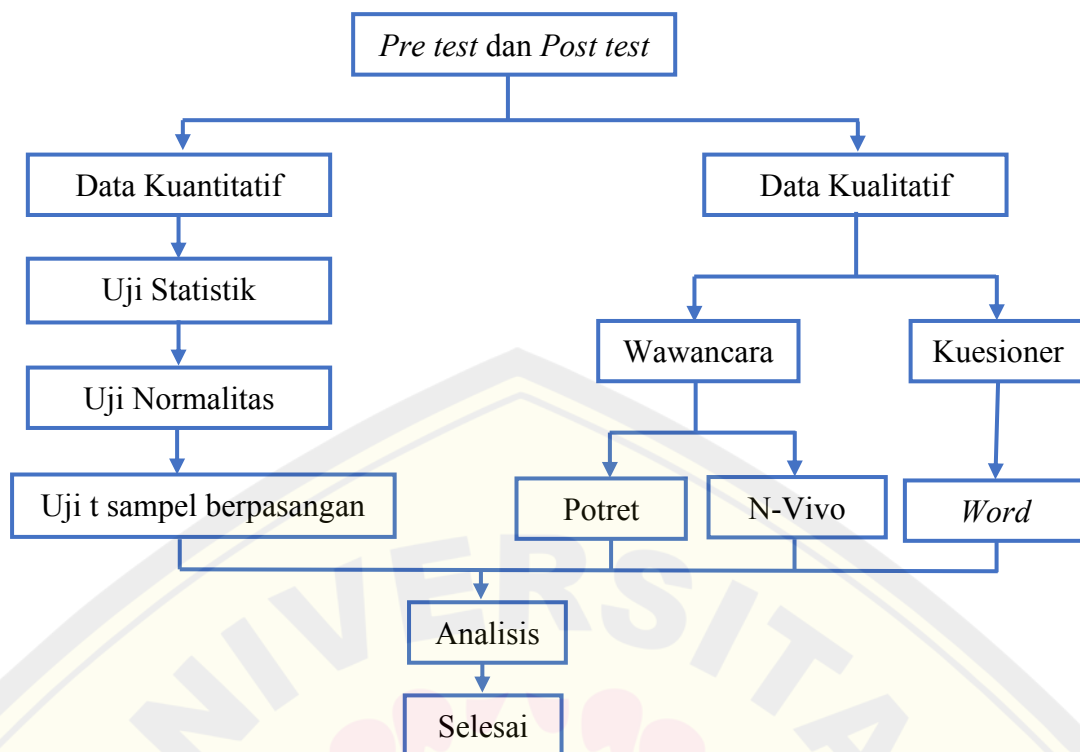
Terdapat beberapa teknik pengumpulan data berdasarkan instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya yaitu validasi perangkat pembelajaran, pengamatan keterlaksanaan pembelajaran, pengumpulan hasil belajar, pengamatan aktivitas, dan angket respon. Aspek yang dinilai, data, instrument, metode, dan responden pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Aspek-Aspek yang dinilai dalam Penelitian

Aspek yang dinilai	Data	Instrumen	Metode	Responden
Kevalidan perangkat	Validitas perangkat	Lembar validasi	Angket	Ahli dan praktisi
Kepraktisan perangkat	Hasil observasi keterlaksanaan perangkat	Lembar observasi keterlaksanaan perangkat	Observasi	Observer
Keefektifan perangkat	Hasil tes hasil belajar, hasil observasi, hasil respon mahasiswa	<ul style="list-style-type: none"> Tes hasil belajar 	Tes	Subjek uji coba
		<ul style="list-style-type: none"> Lembar observasi aktivitas mahasiswa Angket respon mahasiswa 	Observasi Angket	Observer Subjek uji coba
<i>Word Cloud</i>	Hasil kuesioner	Kuesioner	Kuesioner	Subjek uji coba

3.5 Teknik Analisis Data

Setelah data yang dibutuhkan telah dikumpulkan, dalam penelitian ini analisis data digunakan sebagai acuan untuk merevisi perangkat pembelajaran yang dikembangkan agar perangkat tersebut memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Pada penelitian ini terdapat dua analisis data yaitu kuantitatif pada tahap pertama dan kualitatif pada tahap kedua, tahap kualitatif merupakan penguat dari hasil yang telah diperoleh di tahap pertama. Berikut skema teknik analisis data pada Gambar 3.2 dan akan diuraikan teknik analisis untuk data yang diperoleh.



Gambar 3. 2 Skema Teknis Analisis Data

3.5.1 Analisis Data Kuantitatif

Uji statistik pada penelitian ini menggunakan uji t sampel berpasangan dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Adapun variabel bebas yang diuji yaitu perangkat *research-based learning* dengan pendekatan STEM, sedangkan variabel terikatnya yaitu keterampilan literasi informasi mahasiswa. Uji statistik yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Uji Normalitas

Pengujian normalitas menggunakan uji Kolmogorov Smirnov. Data tes dalam penelitian perlu diuji untuk mengetahui kondisi data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Dikatakan bahwa varian dari kelompok data sudah berdistribusi normal apabila memiliki nilai signifikansi lebih dari 0,05.

b. Uji t sampel berpasangan

Uji t sampel berpasangan (*paired sample t-test*) merupakan prosedur statistik yang digunakan untuk menentukan apakah perbedaan rata-rata antara dua set pengamatan adalah nol. Dalam uji-t sampel berpasangan, setiap subjek atau entitas diukur dua kali, sehingga menghasilkan pasangan

pengamatan. Sebelum melakukan analisis ini, diharuskan untuk melakukan pemeriksaan terhadap data hasil penelitian dengan uji persyaratan yaitu uji normalitas.

Uji t dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui apakah terjadi peningkatan keterampilan literasi informasi mahasiswa setelah diterapkannya perangkat *research-base learning* dengan pendekatan STEM pada masalah *rainbow antimagic coloring* dengan *graph neural network*. Hipotesis dirumuskan dalam bentuk pasangan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Untuk kriteria penilaian, jika $sig > 0,05$ maka H_0 diterima, akan tetapi jika $sig < 0,05$ maka H_0 ditolak.

3.5.2 Analisis Data Kualitatif

a. Potret Fase

Potret fase pada penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan bagaimana alur berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan suatu masalah. Berikut langkah-langkahnya: 1) Peneliti menyediakan pernyataan-pernyataan yang berisi indikator keterampilan literasi informasi berdasarkan hasil observasi pada pengerjaan *posttest*, 2) Peneliti menganalisis hasil *posttest* dari pengerjaan yang dilakukan oleh mahasiswa, 3) Peneliti menuliskan urutan indikator dalam bentuk alur gambaran potret fase.

b. N-Vivo

Program ini digunakan untuk menganalisis data dan memvisualisasikan model dengan memanfaatkan menu-menu dalam *launch pad* N-Vivo. Pada penelitian ini hasil dari wawancara pada potret fase dianalisis menggunakan proses koding dalam tahap reduksi data dengan dibantu *software* N-Vivo 14. Berikut langkah-langkahnya: 1) Menyimpan file yang berisi jawaban wawancara mahasiswa berdasarkan kategori; 2) Kategori sesuai indikator tersebut diimplementasikan dalam bentuk koding; 3) Pada *lunch pad* N-Vivo, pilih *explore*, *word frequency*, *selected item*, centang semua *file*, klik *run query* dan *word cloud* pada sisi pinggir kanan;

4) Pilih *explore, diagram, compare file*, lalu centang *2 file* untuk mengetahui tercapainya indikator.

c. *Word Cloud*

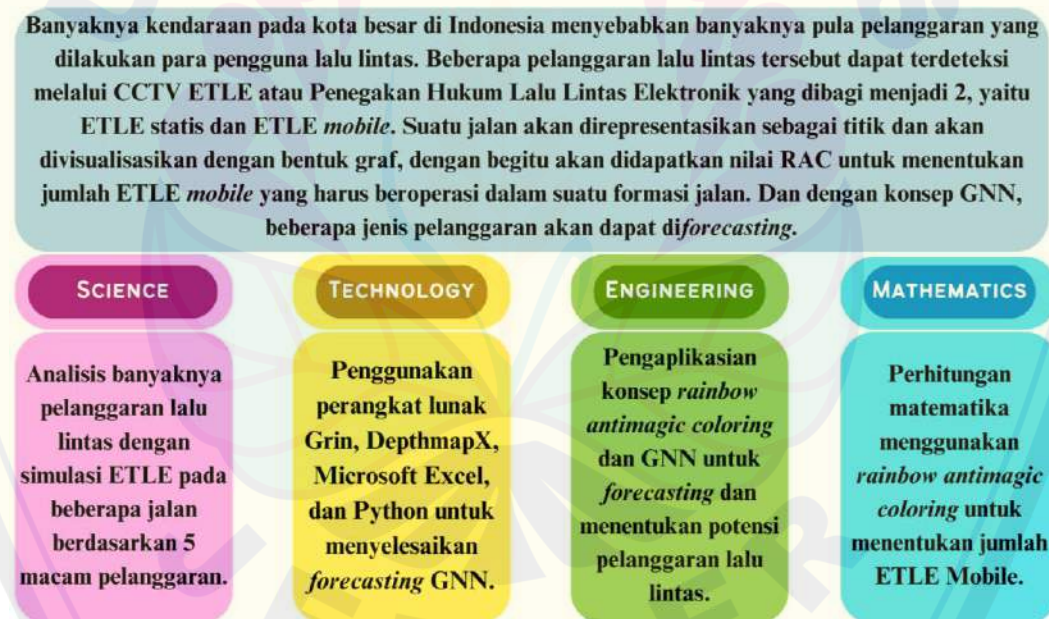
Word cloud adalah visualisasi yang menampilkan kata-kata dari teks yang diberikan, dengan ukuran huruf yang lebih besar untuk kata-kata yang lebih sering muncul dalam teks tersebut. Hal ini digunakan untuk menunjukkan kata-kata yang paling penting atau sering muncul dalam teks yang dianalisis, dan dapat digunakan untuk mengevaluasi ini teks, menemukan topik, atau mengejar ide-ide baru. *Word cloud* pada penelitian ini selain menggunakan N-Vivo (hasil wawancara) dan Microsoft Excel (hasil kuesioner). Berikut langkah-langkahnya: 1) Menyiapkan kuesioner untuk mahasiswa; 2) Beberapa jawaban yang mirip dikelompokkan, sehingga menjadi beberapa tipe dan disimbolkan agar mempermudah proses analisis; 3) Menyiapkan data dalam format Excel, sehingga mendapatkan data frekuensi hasil jawaban mahasiswa sesuai kuesioner dan tipe jawaban; 4) Siapkan Microsoft Office 365 Online; 5) Masukkan data Excel rekapitulasi hasil kuesioner, klik *insert*, lalu pilih *add-ins*; 6) Cari *Word Cloud*, lalu klik *add, continue*, hingga muncul *Bjorn's Word Clouds*; 7) Pilih *creat a word cloud*.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, akan dijelaskan secara rinci mengenai proses dan hasil perangkat RBL-STEM beserta peningkatannya terhadap literasi informasi mahasiswa dalam menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan teknik GNN.

4.1 Kerangka Aktifitas RBL-STEM

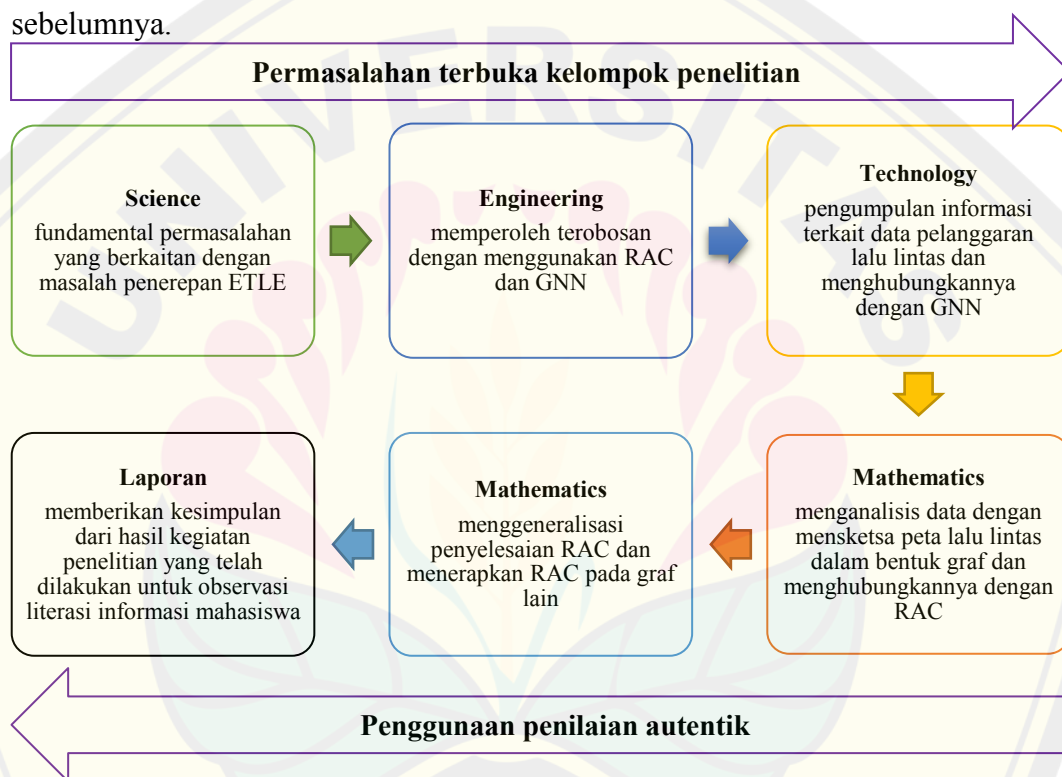
Model RBL-STEM ini menuntut mahasiswa untuk lebih aktif dalam pembelajaran melalui riset. Kerangka aktivitas yang dikembangkan berdasarkan sintaks yang diusulkan dalam (Jannah et al., 2021). Pada tahap awal sintaks model *research-based learning* menimbulkan masalah yang timbul dari kelompok riset masalah terbuka. Peneliti mempertimbangkan masalah pada teknologi ETLE seperti terdapat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Unsur-unsur STEM pada Skema Teknologi ETLE

Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah penempatan ETLE *Mobile* menggunakan metode RAC dan *forecasting* pelanggaran lalu lintas menggunakan metode GNN. Oleh karena itu model RBL-STEM memiliki kerangka aktivitas sebagai berikut, 1) tahap pertama yang harus dilakukan mahasiswa adalah memahami riset terdahulu yang berkaitan dengan fundamental permasalahan yang

berkaitan dengan teknologi ETLE, 2) memperoleh terobosan penyelesaian masalah dengan menggunakan RAC dan GNN untuk *forecasting*, 3) mengumpulkan informasi terkait data pelanggaran lalu lintas pada *website* Badan Pusat Statistik dan data peta lalu lintas pada Google Maps, 4) menganalisis data dengan merepresentasikan jalan yang dicari sebelumnya untuk penempatan CCTV lalu lintas ke representasi bentuk graf, 5) mencari pola generalisasi RAC dari representasi graf yang telah dibuat sebelumnya, 6) diakhiri dengan menjelaskan atau merepresentasikan hasil dan kesimpulan dari serangkaian kegiatan-kegiatan sebelumnya.

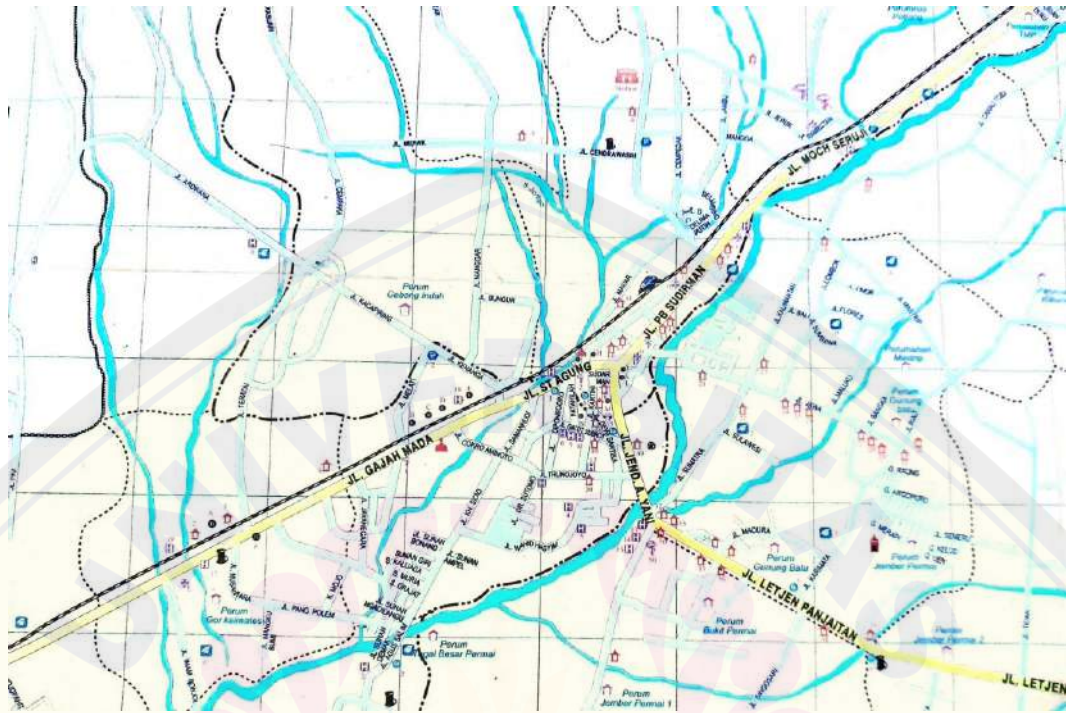


Gambar 4. 2 Kerangka Aktivitas RBL-STEM pada Permasalahan RAC

a. Unsur *Science*

Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE) membutuhkan CCTV dalam penerapannya. CCTV ETLE ini dibagi menjadi 2 macam, yaitu ETLE statis yang berada tetap di jalan dan ETLE *mobile* yang berada di atas mobil polisi yang sedang beroperasi. ETLE statis ini berfungsi mengumpulkan segala data pelanggaran lalu lintas yang terjadi di suatu jalan. Sedangkan ETLE *mobile* berfungsi sebagai admin yang meng*crosscheck* pelanggaran yang terjadi di beberapa jalan. ETLE statis harus ditempatkan pada jalan yang paling banyak dilalui kendaraan. Jumlah ETLE *mobile*

yang beroperasi ini perlu diefektifkan juga agar jumlah mobil polisi dapat dialokasikan ke beberapa fungsi lainnya.



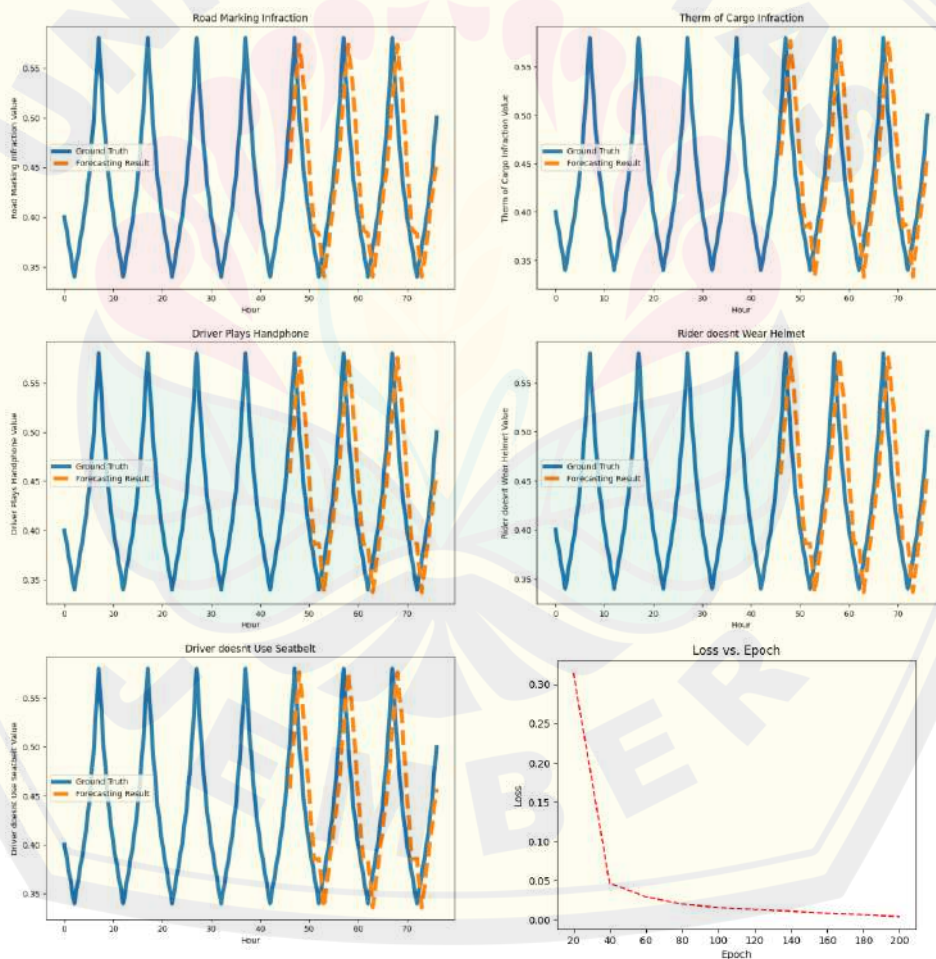
Gambar 4. 3 Peta Lalu Lintas pada Suatu Kawasan di Kabupaten Jember

b. Unsur *Technology*

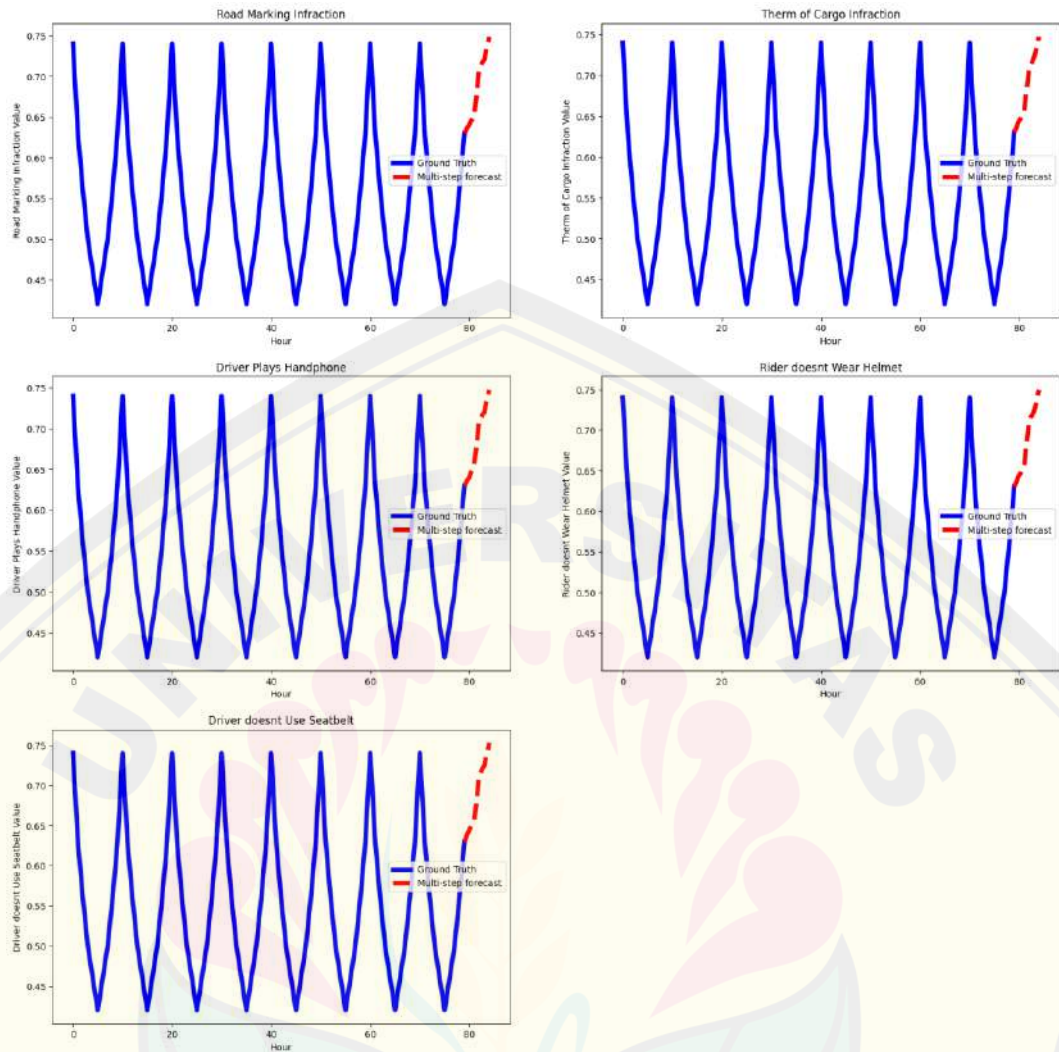
Untuk mencari data peta lalu lintas, penggunaan teknologi atau *Internet of Things* dapat melalui Google Maps (kunjungi <https://maps.google.com>). Pencarian data tentang berbagai pelanggaran lalu lintas dapat diakses pada laman Badan Pusat Statistik (kunjungi <https://www.bps.go.id/>). Selanjutnya data dinormalisasi menggunakan Microsoft Excel, lalu dilanjutkan dengan proses *embedding* dan *forecasting* menggunakan *Python Online* untuk sekaligus mendapatkan *output* visualisasi graf (kunjungi <https://colab.research.google.com/>). Representasi graf dengan nilai RRA juga dapat menggunakan Python, namun nilai RRA yang didapatkan dari visualisasi peta lalu lintas menggunakan perangkat lunak DepthmapX. Lalu, representasi graf agar menghasilkan *spanning tree* dapat menggunakan perangkat lunak Grin. Tahap *forecasting* menggunakan skala waktu per jam dan diamati selama 5 hari dengan jam kerja efektif selama 16 jam, maka terdapat 80 jam pengamatan waktu minimal untuk mendapatkan hasil *forecasting*

yang baik. Dalam 80 jam pengamatan tersebut, terdapat 48 jam untuk data *training* dan 32 jam untuk data *testing*.

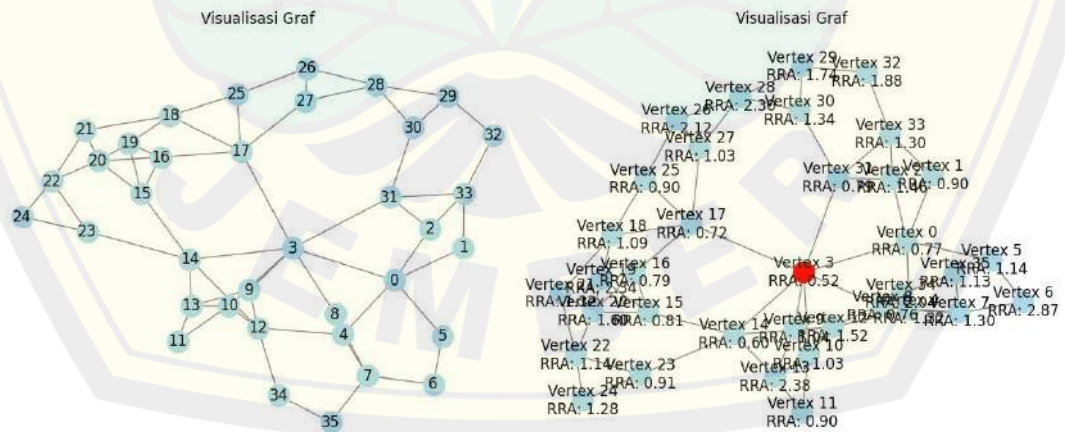
Pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 menunjukkan hasil *forecasting* yang dibedakan dengan grafik dari data *training* dan *testing*, hasil *loss vs epoch*, serta hasil *multi-step* beberapa hari berikutnya. Selanjutnya pada Gambar 4.6 merupakan visualisasi graf dan graf yang merepresentasikan nilai RRA yang menggunakan *coding* pada Python. Gambar 4.7 menunjukkan data nilai RRA dengan menggunakan aplikasi DepthmapX. Sedangkan pada Gambar 4.8 merupakan representasi nilai RRA dari visualisasi peta lalu lintas Jember Kota dengan aplikasi DepthmapX pula. Terakhir, pada Gambar 4.9 menunjukkan data hasil *spanning tree* dari representasi graf peta lalu lintas Jember Kota menggunakan aplikasi Grin.



Gambar 4. 4 Hasil *forecasting* dari data *training* dan *testing*, serta hasil *loss*



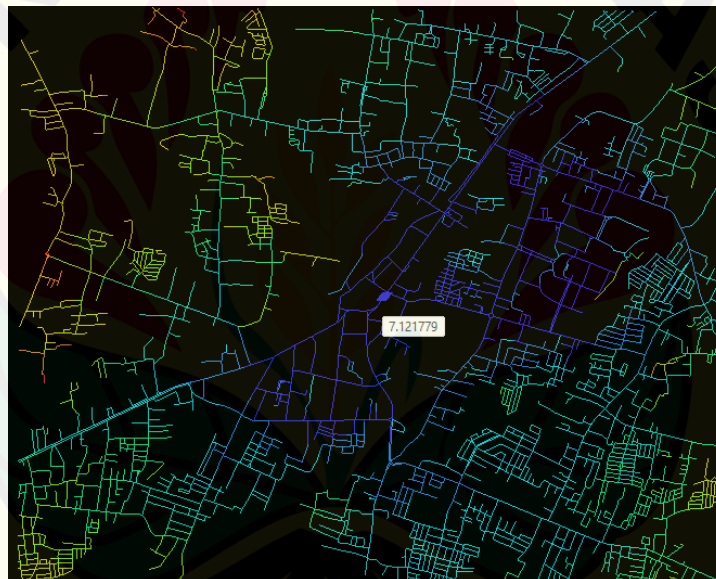
Gambar 4. 5 Hasil *Multi-Step Forecasting* 5 Hari Berikutnya



Gambar 4. 6 Visualisasi Graf dan Graf yang Merepresentasikan Nilai RRA

Attribute	Minimum	Average	Maximum
1 Connectivity	0	2.6117	6
2 Line Length	0.0562091	26.5655	344.563
3 Drawing Layer	1	1.93146	2
4 Entropy	6.78651	7.33472	7.74952
5 Integration [HH]	0.0624379	0.101972	0.140414
6 Integration [P-value]	0.0624379	0.101972	0.140414
7 Integration [Tekl]	0.592299	0.612835	0.627876
8 Intensity	0.0447846	0.0700881	0.0917362
9 Harmonic Mean Depth	4.58789	12.8982	28.4752
10 Mean Depth	76.7679	108.146	171.392
11 Node Count	9557	9557	9557
12 Relativised Entropy	-nan(ind)	-nan(ind)	16.9487
13 RA [Penn]	0.382377	0.496542	0.571937
14 RA	0.0158593	0.0224271	0.0356655
15 RRA	7.12178	10.0711	16.0159
16 Total Depth	733594	1.03344e+06	1.63782e+06

Gambar 4. 7 Data Nilai RRA dengan Aplikasi DepthmapX



Gambar 4. 8 Representasi Nilai RRA dengan Aplikasi DepthmapX

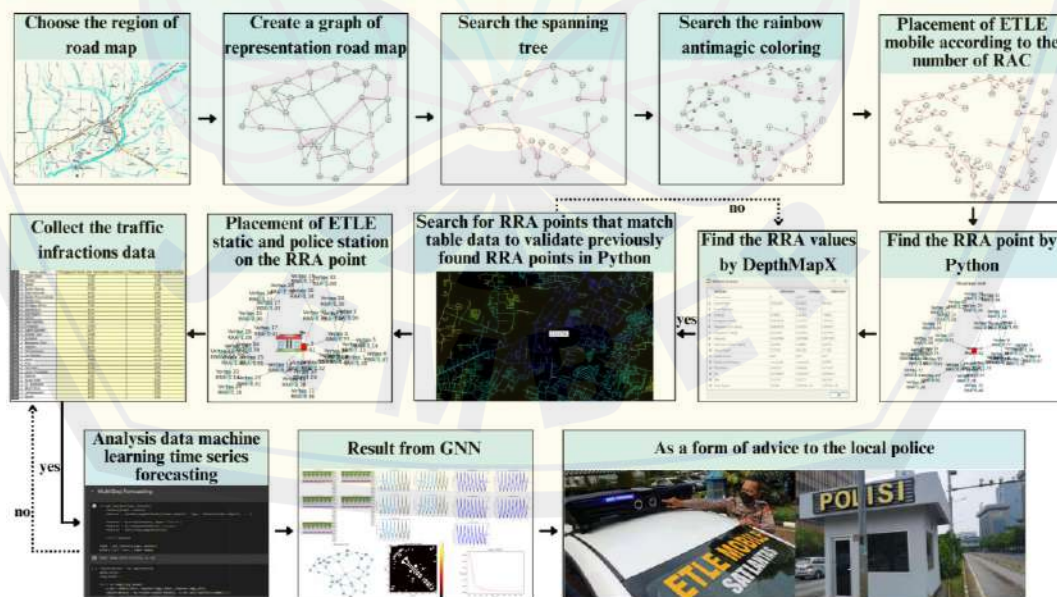
```

Min. Spanning Tree
Time       : 12:02:31
Date      : 26/09/2023
Network   : Visualisasi Graf.next
Type      : undirNet
Number of Points : 36
Number of Edges  : 63
-----
Min. Spanning Tree Weight = 35
Edges of Min. Spanning Tree:
( 1, 6), ( 6, 7), ( 7, 8), ( 8, 36), ( 36, 35), ( 35, 13), ( 13, 15), ( 15, 24),
( 24, 25), ( 24, 23), ( 23, 22), ( 23, 21), ( 21, 20), ( 22, 19), ( 19, 26), ( 26, 27),
( 27, 29), ( 29, 31), ( 31, 32), ( 32, 34), ( 34, 33), ( 29, 30), ( 27, 28), ( 19, 18),
( 21, 17), ( 15, 16), ( 15, 14), ( 14, 12), ( 13, 11), ( 13, 10), ( 8, 9), ( 1, 5),
( 1, 4), ( 1, 3), ( 1, 2).
-----
Time: 12:02:31
Procedure is completed.
    
```

Gambar 4. 9 Data *Spanning Tree* dari Representasi Graf dengan Aplikasi Grin

c. Unsur *Engineering*

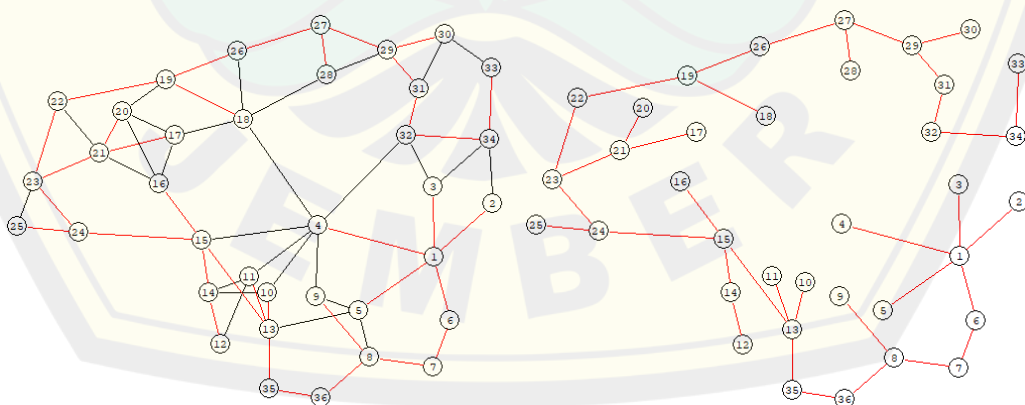
Teknik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan mengenai penentuan jumlah ETLE *mobile* dapat menggunakan konsep RAC, dengan jumlah ETLE *mobile* sebanyak bilangan koneksi pewarnaan pelangi antiajaibnya. Sedangkan untuk penentuan letak ETLE statis dan pos pantau menggunakan konsep GNN, dengan letak ETLE statis sesuai dengan titik RRA terkecil. Untuk penggunaan konsep tersebut diperlukan 12 tahap, yaitu 1) menentukan beberapa jalan yang akan diteliti, 2) mensketsa hubungan antara beberapa jalan tersebut, 3) mencari *spanning tree* dari graf yang sudah disketsa, 4) beri label titik pada jalan yang telah dijadikan titik pada graf *spanning tree*, 5) hitung bobot sisi dari label titik jalan yang saling terhubung, 6) temukan titik RRA terkecil menggunakan aplikasi Python, 7) temukan nilai RRA terkecil menggunakan aplikasi DepthMapX, 8) mencari nilai RRA terkecil yang sesuai dengan data tabel untuk memvalidasi titik RRA yang ditemukan sebelumnya pada aplikasi Python, 9) penempatan ETLE statis dan pos pantau pada titik RRA terkecil, 10) mengumpulkan data pelanggaran lalu lintas, 11) analisis data menggunakan *machine learning time series forecasting*, 12) hasil dari GNN berupa visualisasi data, graf, matriks ketetanggaan, *loss vs epoch, forecasting* untuk setiap jalan, dan *multi-step series forecasting*nya. Ilustrasi alur *prototype* disajikan pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4. 10 *Prototype Multi-Step Series Forecasting*

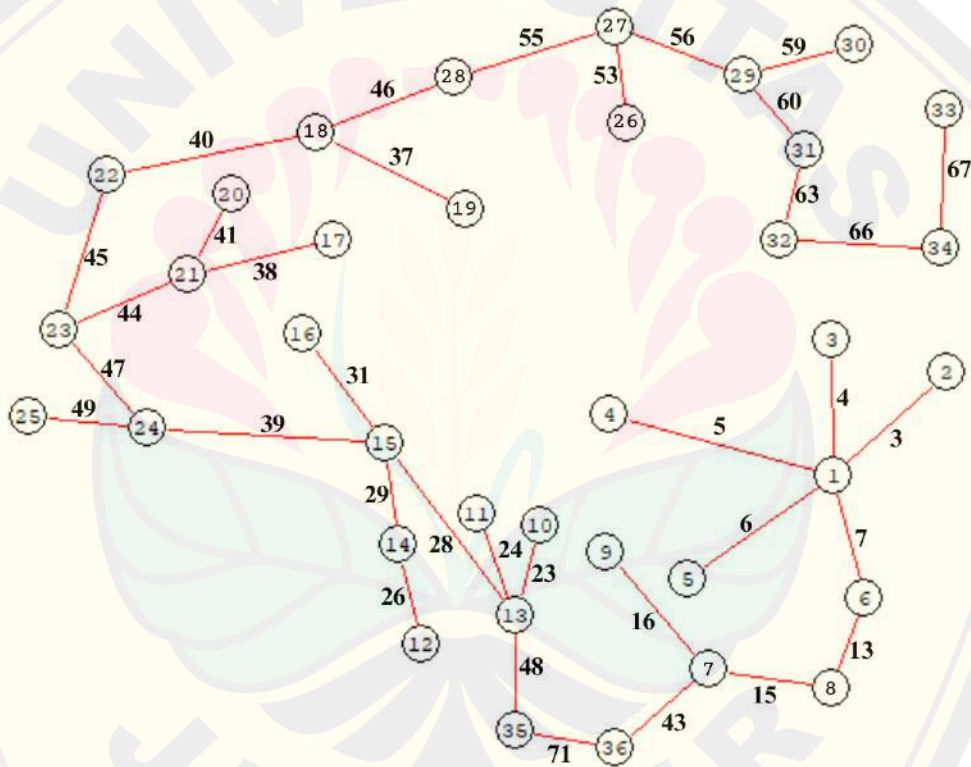
d. Unsur *Mathematics*

Penyelesaian masalah *rainbow antimagic coloring* melibatkan perhitungan kardinalitas titik dan sisi pada graf untuk mengidentifikasi jumlah ETLE *mobile* yang harus beroperasi. Misalkan graf G_A adalah graf hasil representasi peta lalu lintas. Dalam hal ini kita memisalkan masing-masing jalan ke label titik x_i dengan $1 \leq i \leq 36$, sehingga akan didapatkan x_1 sebagai Jl. Gajah Mada, x_2 sebagai Jl. Teratai, x_3 sebagai Jl. Melati, x_4 sebagai Jl. Sultan Agung, x_5 sebagai Jl. Cokoraminoto, x_6 sebagai Jl. Sentot Prawirodirdjo, x_7 sebagai Jl. KH Shiddiq, x_8 sebagai Jl. KH Agus Salim, x_9 sebagai Jl. Samanhudi, x_{10} sebagai Jl. Diponegoro, x_{11} sebagai Jl. Kartini, x_{12} sebagai Jl. Dewi Sartika, x_{13} sebagai Jl. Trunojoyo, x_{14} sebagai Jl. Gatot Subroto, x_{15} sebagai Jl. Ahmad Yani, x_{16} sebagai Jl. Sumatra, x_{17} sebagai Jl. Bengawan Solo, x_{18} sebagai Jl. Mastrip, x_{19} sebagai Jl. PB. Sudirman, x_{20} sebagai Jl. Kalimantan, x_{21} sebagai Jl. Jawa, x_{22} sebagai Jl. Riau, x_{23} sebagai Jl. Karimata, x_{24} sebagai Jl. Letjen Panjaitan, x_{25} sebagai Jl. Madura, x_{26} sebagai Jl. Nusa Indah, x_{27} sebagai Jl. Dr. Soebandi, x_{28} sebagai Jl. Moch. Sruji, x_{29} sebagai Jl. Cendrawasih, x_{30} sebagai Jl. Merak, x_{31} sebagai Jl. Manggar, x_{32} sebagai Jl. Kenanga, x_{33} sebagai Jl. Cempaka, x_{34} sebagai Jl. Kaca Piring, x_{35} sebagai Jl. Dr. Sutomo, dan x_{36} sebagai Jl. KH Wachid Hasyim.



Gambar 4. 11 Spanning Tree dari Graf Representasi Peta Lalu Lintas

Sesuai dengan *prototype* alur teknik, maka graf representasi jalan sebelumnya dicari *spanning treenya* terlebih dahulu. Dengan demikian, $V(G_A) = \{x_i, ; 1 \leq i \leq 36\}$ dan $E(G_A) = \{x_1x_i; 2 \leq i \leq 6\} \cup \{x_7x_i; i = 8, 9, 36\} \cup \{x_{13}x_i; i = 10, 11, 15, 35\} \cup \{x_{15}x_i; i = 14, 16, 24\} \cup \{x_{18}x_i; i = 19, 22, 28\} \cup \{x_{21}x_i; i = 17, 20, 23\} \cup \{x_{23}x_i; i = 22, 24, 25\} \cup \{x_{27}x_i; i = 26, 28, 29\} \cup \{x_{29}x_i; i = 30, 31\} \cup \{x_6x_8\} \cup \{x_{12}x_{14}\} \cup \{x_{31}x_{32}\} \cup \{x_{32}x_{34}\} \cup \{x_{33}x_{34}\} \cup \{x_{35}x_{36}\}$, serta $|V(G_A)| = 36$ dan $|E(G_A)| = 35$.



Gambar 4. 12 RAC dari Graf *Spanning Tree* Representasi Peta Lalu Lintas

Hal yang diperlukan untuk membuktikan $rac(G_A) = 35$ adalah membuktikan batas bawah dan batas atas terlebih dahulu. Misal graf G_A adalah graf pohon, maka $rc(T_n) = n - 1$, sehingga $rc(T_{36}) = 35$. Berdasarkan hal tersebut,

didapatkan bahwa $rac(G_A) \geq 35$. Selanjutnya akan dibuktikan batas atas $rac(G_A) \leq 35$. Jika T_n adalah graf pohon berorde $n \geq 2$, maka $rac(T_n) = n - 1$. Berdasarkan hal tersebut, didapatkan bahwa $rac(G_A) \leq n - 1$, maka dapat dikatakan $rac(G_A) \leq 35$. Oleh karena itu, didapatkan $n - 1 \leq rac(G_A) \leq n - 1$, sehingga dapat dikatakan $35 \leq rac(G_A) \leq 35$. Jadi terbukti bahwa $rac(G_A) = n - 1$, maka $rac(G_A) = 35$. Tabel bobot sisi pada graf G_A dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Bobot Sisi pada Graf Representasi Peta Lalu Lintas

<i>E</i>	<i>l</i>	<i>w</i>	<i>E</i>	<i>l</i>	<i>w</i>	<i>E</i>	<i>l</i>	<i>w</i>
x_1x_2	{1,2}	3	$x_{14}x_{15}$	{14,15}	29	$x_{13}x_{35}$	{13,35}	48
x_1x_3	{1,3}	4	$x_{15}x_{16}$	{15,16}	31	$x_{24}x_{25}$	{24,25}	49
x_1x_4	{1,4}	5	$x_{18}x_{19}$	{18,19}	37	$x_{26}x_{27}$	{26,27}	53
x_1x_5	{1,5}	6	$x_{17}x_{21}$	{17,21}	38	$x_{27}x_{28}$	{27,28}	55
x_1x_6	{1,6}	7	$x_{15}x_{24}$	{15,24}	39	$x_{27}x_{29}$	{27,29}	56
x_6x_8	{6,8}	13	$x_{18}x_{22}$	{18,22}	40	$x_{29}x_{30}$	{29,30}	59
x_7x_8	{7,8}	15	$x_{20}x_{21}$	{20,21}	41	$x_{29}x_{31}$	{29,31}	60
x_7x_9	{7,9}	16	x_7x_{36}	{7,36}	43	$x_{31}x_{32}$	{31,32}	63
$x_{10}x_{13}$	{10,13}	23	$x_{21}x_{23}$	{21,23}	44	$x_{32}x_{34}$	{32,34}	66
$x_{11}x_{13}$	{11,13}	24	$x_{22}x_{23}$	{22,23}	45	$x_{33}x_{34}$	{33,34}	67
$x_{12}x_{14}$	{12,14}	26	$x_{18}x_{28}$	{18,28}	46	$x_{35}x_{36}$	{35,36}	71
$x_{13}x_{15}$	{13,15}	28	$x_{23}x_{24}$	{23,24}	47			

Pada bagian ini, tahapan-tahapan model RBL-STEM akan dibahas secara rinci yang menggambarkan kegiatan mahasiswa selama proses pembelajaran. Fokus dari pembelajaran ini adalah untuk menentukan jumlah ETLE *mobile*, menemukan jalan berpotensi atau tidaknya terjadi banyak pelanggaran lalu lintas, serta *forecasting* terjadinya beberapa fitur pelanggaran lalu lintas tersebut. Tujuannya adalah untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah pada teknologi ETLE.

a. Tahap Pertama (*Science*)

Pemberian permasalahan mengenai pelanggaran lalu lintas dan peran ETLE yang penyelesaiannya berkaitan dengan *graph neural network* dan *rainbow antimagic coloring*. Penentuan jalan berpotensi atau tidaknya terjadi banyak pelanggaran lalu lintas dan *forecasting* terjadinya beberapa fitur pelanggaran lalu lintas diselesaikan menggunakan *graph neural network*. Sedangkan penentuan jumlah ETLE *mobile* diselesaikan menggunakan konsep *rainbow antimagic coloring*.

Tabel 4. 2 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Pertama

Tahap 1	Kegiatan Pembelajaran
Fundamental permasalahan yang berkaitan dengan pelanggaran lalu lintas dan teknologi ETLE	<p>a. Dosen memberikan riset terdahulu mengenai masalah lalu lintas dan keterkaitannya dengan teknologi ETLE.</p> <p>b. Dosen memberikan gambaran permasalahan pelanggaran lalu lintas. Kemudian bertanya kepada mahasiswa mengenai pemahamannya terhadap permasalahan yang diajukan.</p> <p>c. Mahasiswa diminta untuk mengidentifikasi latar belakang analisis pelanggaran lalu lintas menggunakan ETLE.</p>

b. Tahap Kedua (*Engineering*)

Kegiatan RBL-STEM pada tahap kedua yaitu mengembangkan terobosan terkait penggunaan *rainbow antimagic coloring* dan *graph neural network* untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa pada permasalahan teknologi ETLE.

Tabel 4. 3 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Kedua

Tahap 2	Kegiatan Pembelajaran
Memperoleh terobosan atau solusi dengan menggunakan <i>rainbow antimagic coloring</i> dan <i>graph neural network</i> .	<p>a. Dosen membimbing mahasiswa untuk mendiskusikan solusi menyelesaikan permasalahan yang diberikan menggunakan <i>rainbow antimagic coloring</i> dan <i>graph neural network</i>.</p> <p>b. Dosen memberikan gambaran desain peta lalu lintas. Kemudian bertanya kepada</p>

- mahasiswa mengenai pemahamannya terhadap permasalahan yang diajukan.
- c. Mahasiswa diminta untuk mencatat informasi mengenai permasalahan yang diajukan.

c. Tahap Ketiga (*Technology*)

Kegiatan RBL-STEM tahap ketiga adalah menggunakan perangkat lunak atau pemanfaatan teknologi dalam mengumpulkan dan mengolah data. Pada tahap ini akan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan Python, serta tetap terhubung luring pada internet.

Tabel 4. 4 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Ketiga

Tahap 3	Kegiatan Pembelajaran
Mengumpulkan informasi data terkait permasalahan yang akan diselesaikan menggunakan <i>graph neural network</i> .	<p>a. Mahasiswa diminta untuk mengumpulkan data simulasi pada internet melalui laman web Badan Pusat Statistik.</p> <p>b. Mahasiswa diminta untuk menormalisasi data menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel.</p> <p>c. Mahasiswa diminta untuk mem<i>forecasting</i> data menggunakan Python <i>online</i> dari data yang sudah dinormalisasi.</p>

d. Tahap Keempat (*Mathematics*)

Kegiatan RBL-STEM tahap keempat yaitu menganalisis data dengan mensketsa ilustrasi lalu lintas yang dilalui peletakan ETLE statis, lalu merepresentasikannya dalam bentuk graf yang akan dianalisis menggunakan konsep *rainbow antimagic coloring* untuk penentuan jumlah efektif ETLE *mobile* yang harus beroperasi.

Tabel 4. 5 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Keempat

Tahap 4	Kegiatan Pembelajaran
Menganalisis data dengan membangun teorema terkait konsep <i>rainbow antimagic</i>	a. Mahasiswa diminta untuk mengidentifikasi himpunan titik dan sisi, serta kardinalitas titik dan sisi pada graf yang terbentuk dari ilustrasi peta lalu lintas.

Tahap 4	Kegiatan Pembelajaran
<p><i>coloring</i> dari graf yang terbentuk dari ilustrasi peta lalu lintas.</p>	<p>b. Mahasiswa diminta untuk melakukan pelabelan titik antiajaib dengan memberikan label titik pada graf dengan bilangan 1 hingga banyaknya titik pada graf tersebut.</p> <p>c. Mahasiswa diminta untuk menghitung bobot sisi yang didapatkan dengan menjumlahkan label titik yang kedua titik yang terhubung.</p> <p>d. Mahasiswa diminta untuk menganalisis setiap dua titik pada graf memiliki minimal satu lintasan pelangi dengan warna berbeda yang berasal dari bobot sisi.</p> <p>e. Mahasiswa menuliskan teorema berdasarkan observasi yang telah dilakukan.</p>

e. Tahap Kelima (*Mathematics*)

Kegiatan RBL-STEM pada tahap kelima yaitu menggeneralisasi dengan membuktikan teorema terkait *rainbow antimagic coloring* pada graf lainnya.

Tabel 4. 6 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Kelima

Tahap 5	Kegiatan Pembelajaran
<p>Menggeneralisasi data dengan membuktikan teorema terkait konsep <i>rainbow antimagic coloring</i> pada graf lainnya.</p>	<p>a. Mahasiswa diminta untuk mengidentifikasi himpunan titik dan sisi, serta kardinalitas titik dan sisi pada graf lainnya.</p> <p>b. Mahasiswa diminta untuk melakukan pelabelan titik antiajaib dengan memberikan label titik pada graf dengan bilangan 1 hingga banyaknya titik pada graf tersebut.</p> <p>c. Mahasiswa diminta untuk menghitung bobot sisi yang didapatkan dengan menjumlahkan label titik yang kedua titik yang terhubung.</p> <p>d. Mahasiswa diminta untuk menganalisis setiap dua titik pada graf memiliki minimal satu lintasan pelangi dengan warna berbeda yang berasal dari bobot sisi.</p> <p>e. Mahasiswa menuliskan teorema berdasarkan observasi yang telah dilakukan.</p>

f. Tahap Keenam

Kegiatan RBL-STEM pada tahap terakhir yang dilakukan oleh mahasiswa yaitu menyampaikan dan menjelaskan hasil serta kesimpulan dari kegiatan pembelajaran yang menggunakan metode RBL-STEM dengan penggunaan konsep *rainbow antimagic coloring* dan *graph neural network*. Bentuk akhir dari pembelajaran ini adalah laporan penelitian mahasiswa yang ditulis dan dipresentasikan.

Tabel 4. 7 Aktifitas Pembelajaran RBL-STEM Tahap Keenam

Tahap 6	Kegiatan Pembelajaran
Mempresentasikan hasil yang didapatkan terkait penyelesaian permasalahan dengan <i>graph neural network</i> serta teorema yang didapatkan tentang konsep <i>rainbow antimagic coloring</i> .	a. Mahasiswa diminta untuk membuat laporan tentang penggunaan <i>rainbow antimagic coloring</i> dan <i>graph neural network</i> untuk menyelesaikan masalah teknologi ETLE <i>mobile</i> maupun ETLE statis. b. Mahasiswa diminta untuk melakukan presentasi mengenai laporan yang dibuat. c. Dosen mengevaluasi dan memberikan penguatan mengenai pemahaman mahasiswa yang didapatkan dari proses penelitian yang telah dilakukan. d. Dosen melakukan observasi terhadap literasi informasi mahasiswa menggunakan lembar observasi.

4.2 Proses dan Hasil Pengembangan Perangkat RBL-STEM

Dengan menggunakan konsep *rainbow antimagic coloring* dan *graph neural network*, proses dan hasil pengembangan perangkat RBL-STEM ini digunakan untuk mengetahui tingkat literasi informasi mahasiswa. Instrumen yang dibuat termasuk Rencana Pembelajaran Semester (RPS), Rancangan Tugas Mahasiswa (RTM), Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), dan Tes Hasil Belajar (THB). Sebagai bagian model Thiagarajan (4D), proses pengembangan ini terdiri dari tahap pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*).

4.2.1 Tahap Pendefinisian (D₁)

Tujuan dari tahap pendefinisian ini adalah untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan pembelajaran dengan menganalisis tujuan dan batasan materi yang akan diberikan. Tahap pendefinisian dibagi menjadi empat tahap, yaitu sebagai berikut.

(D_{1a}) Analisis awal-akhir

Analisis awal-akhir dilakukan untuk mempelajari dasar permasalahan yang dihadapi mahasiswa dalam pembelajaran sebagai gambaran untuk menentukan bagaimana perangkat pembelajaran yang hendak dikembangkan. Selain itu, analisis awal-akhir dilakukan untuk menetapkan masalah dalam kegiatan pengembangan perangkat pembelajaran sehingga perangkat yang dihasilkan diharapkan dapat memberi solusi kepada mahasiswa yang terhambat dalam pembelajaran di kelas karena merasa kesulitan dalam mempelajari dan memahami konsep *rainbow antimagic coloring*. Adanya perangkat ini akan lebih memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep *rainbow antimagic coloring* dan penerapannya dalam permasalahan di dunia nyata. Selain itu, perangkat juga memuat penggunaan teknologi dalam penyelesaian permasalahannya.

Rainbow antimagic coloring dipilih sebagai topik kajian karena topik ini tergolong dalam topik baru yang menggabungkan dua topik, yaitu *antimagic labelling* dan *rainbow coloring*. Adanya pembelajaran mengenai topik ini diharapkan dapat menambah wawasan kepada mahasiswa dan dapat dijadikan referensi untuk menyusun tugas akhir. Penyelesaian permasalahan ini membutuhkan mahasiswa yang aktif mencari dan mengolah data, sehingga dapat menemukan teorema *rainbow antimagic coloring* lainnya dan *memforecasting* suatu data. Berdasarkan analisis awal-akhir yang dilakukan, peneliti mengembangkan perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa.

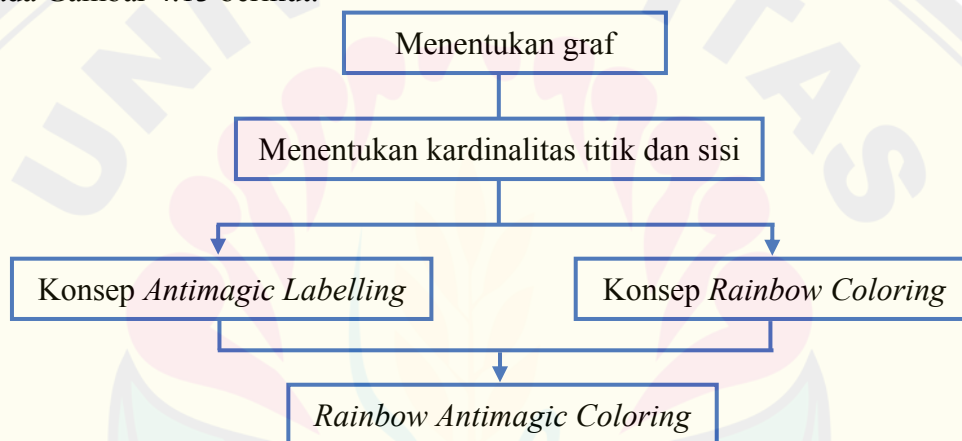
(D_{1b}) Analisis Mahasiswa

Analisis mahasiswa digunakan untuk mendapatkan data karakteristik mahasiswa S1 Pendidikan Matematika Universitas Jember. Mahasiswa harus terlibat langsung dalam proses pembelajaran dan dapat bekerjasama dalam

kelompok. Mahasiswa kelas E semester 5 dalam mata kuliah Aplikasi Graf merasa sedikit kesulitan dalam memahami konsep RAC. Sebagian mahasiswa yang pada dasarnya aktif, dimungkinkan menjadi lebih antusias jika pembelajaran didukung dengan perangkat berupa LKM berbasis riset yang didesain menarik dan mengangkat konsep *RAC* dalam permasalahan di dunia nyata.

(D_{1c}) Analisis Konsep

Proses ini dilakukan untuk mengidentifikasi, merinci, dan menyusun secara sistematis mengenai konsep yang dipelajari oleh mahasiswa pada konsep *rainbow antimagic coloring*. Berdasarkan analisis awal-akhir dan analisis mahasiswa yang telah dilakukan, analisis konsep yang dilakukan menghasilkan peta konsep seperti pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4. 13 Peta Konsep Topik *Rainbow Antimagic Coloring*

(D_{1d}) Analisis Tugas

Analisis tugas bertujuan untuk mengidentifikasi keterampilan utama yang diperlukan dalam pembelajaran yang sesuai dengan kurikulum. Tujuan dari kegiatan ini adalah mengidentifikasi literasi informasi mahasiswa sesuai dengan kemampuan akhir yang diharapkan, diantaranya sebagai berikut.

- a. Mahasiswa mampu mengidentifikasi permasalahan terkait konsep RAC.
- b. Mahasiswa mampu mengurai informasi dari permasalahan terkait RAC.
- c. Mahasiswa mampu menentukan langkah penyelesaian permasalahan terkait konsep RAC.
- d. Mahasiswa mampu menerapkan langkah-langkah dalam menyelesaikan permasalahan terkait konsep RAC pada graf sederhana.

- e. Mahasiswa mampu menemukan pola RAC pada suatu graf.
- f. Mahasiswa mampu membuat makna dari solusi yang ditemukan serta mampu membuat generalisasi berdasarkan penyelesaian permasalahan sejenis sebelumnya.

4.2.2 Tahap Perancangan (D₂)

Tahap perancangan bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran yang akan digunakan sehingga diperoleh desain awal. Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat RBL-STEM untuk mengetahui pengaruh perangkat pembelajaran terhadap peningkatan literasi informasi mahasiswa terhadap konsep RAC. Terdapat empat langkah pada tahap ini yaitu sebagai berikut.

(D_{2a}) Penyusunan Tes

Penyusunan tes dilakukan berdasarkan indikator pembelajaran yang telah ditetapkan. Tes yang disusun dalam penelitian ini berbentuk uraian yang memuat STEM dan terkait dengan konsep RAC dan penentuan jalan pada arus lalu lintas yang berpotensi terjadi banyak pelanggaran untuk diletakkan ETLE statis maupun ETLE *mobile* dengan teknik GNN.

(D_{2b}) Pemilihan Media

Proses pemilihan media disesuaikan dengan analisis mahasiswa, analisis konsep, dan analisis tugas sebelumnya. Media yang dipilih antara lain *power point* sebagai media penyampaian materi RAC, dan LKM RBL-STEM yang memuat indikator-indikator literasi informasi.

(D_{2c}) Pemilihan Format

Pemilihan format dalam pengembangan perangkat pembelajaran bertujuan untuk merumuskan dan menentukan rancangan model, pendekatan, dan sumber pembelajaran yang akan digunakan. Dalam penelitian ini, model dan pendekatan yang digunakan yaitu RBL-STEM dengan tahapan-tahapan pembelajaran yang ada didalamnya dipilih sebagai format pembelajaran.

(D_{2d}) Perancangan Awal

Perancangan awal merupakan seluruh rancangan perangkat pembelajaran yang harus dikerjakan sebelum dilakukan uji coba. Adapun perangkat pembelajaran

berupa Rencana Pembelajaran Semester (RPS), Rancangan Tugas Mahasiswa (RTM), Tes Hasil Belajar (THB), dan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM).

a. Rencana Pembelajaran Semester (RPS)

RPS ini disusun dengan salah satu Sub-CPMK menggunakan RBL dan salah satu pokok bahasan tentang RAC. Pokok bahasan RAC membutuhkan maksimal 3 pertemuan yang dialokasikan pada pertemuan 12-14 dengan RTM-1 yaitu LKM RBL-STEM.

b. Rancangan Tugas Mahasiswa (RTM)

RTM ini disusun dengan topik RAC dengan model RBL-STEM. Pengerjaan tugas terkait RAC dengan mengisi bagian-bagian rumpang pada LKM, yang diakhiri dengan presentasi hasil mini riset pada LKM.

c. Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

LKM berisikan permasalahan STEM yaitu penerepan ETL dalam pelanggaran lalu lintas dengan menentukan jalan yang berpotensi terjadi banyak pelanggaran menggunakan GNN.

d. Tes Hasil Belajar (THB)

THB untuk mahasiswa yang dilakukan pada penelitian ini adalah *pretest* dan *posttest*, yang disusun dengan materi mengenai GNN dan RAC. Hasil tes ini digunakan dengan tujuan untuk mengukur literasi informasi mahasiswa.



Gambar 4. 14 Desain Awal RPS, RTM, LKM, dan THB

4.2.3 Tahap Pengembangan (D₃)

Setiap perangkat yang dibuat pada tahap pengembangan divalidasi oleh validator dan direvisi sesuai dengan rekomendasi. Setelah perangkat dinyatakan

valid, diadakan uji coba pada mata kuliah Aplikasi Graf kelas E Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Jember. Hasil dari tahapan pengembangan ini adalah sebagai berikut.

(D_{3a}) Uji Validitas

Revisi serta perbaikan perangkat pembelajaran yang dikembangkan dilakukan berdasarkan penilaian serta saran dari dua validator. Menurut evaluasi kedua validator, perangkat dapat digunakan dengan sedikit perubahan. Semua saran dari kedua validator digunakan untuk merevisi perangkat pembelajaran untuk memastikan bahwa perangkat yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran.

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Validasi Perangkat RBL-STEM

Hasil Validasi	Rata-rata	Persentase
Perangkat Pembelajaran	3,65	91,25%
Lembar Observasi Aktivitas Mahasiswa	3,67	91,75%
Lembar Keterlaksanaan RBL-STEM	3,69	92,25%
Angket Respon Mahasiswa	3,79	94,75%
Kuesioner	3,72	93%
Skor rata-rata keseluruhan	3,71	92,75%

Berdasarkan hasil rekapitulasi validasi perangkat dan instrumen RBL-STEM pada Tabel 4.8, hasil skor rata-rata validasi adalah 3,71 dengan persentase 92,75%. Berdasarkan kriteria kevalidan pada Lampiran 27 Tabel 1, perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kriteria valid dikarenakan memenuhi skor $3,25 \leq V_a < 4$.

(D_{3b}) Uji Coba Perangkat RBL-STEM

Perangkat yang telah direvisi dan divalidasi tersebut diujicobakan pada mahasiswa. Uji coba ini dilakukan pada kelas yang terdiri dari 40 mahasiswa. Uji coba diawasi oleh observer. Delapan observer adalah mahasiswa Magister Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember. Hasil penilaian yang terdiri dari dari evaluasi observer dan pekerjaan mahasiswa, digunakan untuk mengevaluasi kepraktisan dan keefektifan perangkat. Pembelajaran di kelas uji coba langsung dibuka oleh peneliti, karena dosen pengampu sudah mempersilakan untuk menggunakan jam mata kuliah pada pertemuan tersebut.

Peneliti mulai membuka kuliah dengan pengerjaan *pretest* selama 25 menit. Setelah mahasiswa mengerjakan *pretest*, maka dilanjutkan dengan kegiatan inti yang mengimplementasikan RBL-STEM. Mahasiswa dibagi menjadi kelompok-kelompok kecil beranggotakan 5 orang. Dalam LKM, mahasiswa terlebih dahulu menuliskan nama-nama anggota kelompok. Mahasiswa dapat membaca kembali CPMK, sub-CPMK, petunjuk pelaksanaan, petunjuk pengerjaan, dan penjelasan item dalam LKM. Sebagai kegiatan literasi informasi, mahasiswa diminta untuk mencermati riset terdahulu yang telah disediakan oleh peneliti dalam *QR-code* pada LKM. Kemudian mahasiswa diminta untuk mengamati masalah mengenai ETLE yang penyelesaiannya berkaitan dengan RAC dan GNN sebagai bentuk tahapan pertama RBL-STEM yang berorientasi pada sains (*science*).

Setelah mahasiswa selesai membaca bacaan yang berjudul “Apa itu ETLE?” yang tersedia pada LKM, mahasiswa diminta untuk memahami isi bacaan tersebut untuk penyusunan strategi mendapatkan suatu terobosan penyelesaian. Kegiatan ini merupakan tahap kedua yang berorientasi teknik (*engineering*), dikarenakan mahasiswa diharapkan mampu memahami ilustrasi visualisasi permasalahan. Mahasiswa juga dianjurkan untuk saling memberi tanggapan terkait berbagai cara penyelesaian masalah dengan bimbingan peneliti untuk melatih keterampilan literasi informasi. Lanjut ke tahap tiga, mahasiswa diminta untuk melakukan pengumpulan data berdasarkan data simulasi yang telah disediakan, lalu menormalisasikan data menggunakan Microsoft Excel untuk pengaplikasian GNN sebagai perwujudan implementasi teknologi (*technology*).

Tahap keempat merupakan pengimplementasian konsep RAC, dimana mahasiswa diminta untuk menganalisis graf tangga hingga menentukan kebenaran rumus *rainbow antimagic connection number* (L_n). Selanjutnya pada tahap lima, mahasiswa diminta untuk menggeneralisasi atau menerapkan RAC pada graf lainnya. Tahap keempat dan tahap kelima merupakan tahapan yang berorientasi matematika (*mathematics*). Tahap keenam atau tahap terakhir dari RBL-STEM ini yaitu laporan yang dilaksanakan dengan kegiatan presentasi perwakilan kelompok untuk memaparkan hasil yang mereka peroleh dari kegiatan menggeneralisasi

sebelumnya. Setelah semua tahapan RBL-STEM terlaksanakan, maka pembelajaran masuk ke kegiatan penutup.

Data yang didapat dari pelaksanaan uji coba antara lain data observasi keterlaksanaan perangkat pembelajaran, observasi aktivitas mahasiswa, tes hasil belajar, dan angket. Data-data tersebut yang akan digunakan untuk melakukan analisis kepraktisan dan keefektifan perangkat pembelajaran. Hasil analisis yang didapat akan menjadi suatu pertimbangan dalam merevisi perangkat pembelajaran hingga menjadi draft akhir yang siap digunakan pada tahap penyebaran.

(D_{3c}) Uji Kepraktisan

Uji kepraktisan perangkat pembelajaran dilakukan dengan menganalisis keterlaksanaan pembelajaran di kelas. Analisis keterlaksanaan pembelajaran berdasarkan lembar observasi keterlaksanaan RBL-STEM yang dinilai oleh 8 observer. Hasil rekapitulasi skor dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Hasil Observasi Keterlaksanaan RBL-STEM

Aspek yang Dinilai	Rata-rata	Persentase
Sintaks	3,875	96,875%
Sistem sosial	4	100%
Prinsip reaksi pengelolaan	3,975	99,375%
Skor rata-rata keseluruhan aspek	3,95	98,75%

Berdasarkan Tabel 4.9, rata-rata skor hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran secara keseluruhan adalah 3,95 dengan persentase 98,75%. Selain itu, komentar dari observer mayoritas berisi komentar positif, sehingga tidak mengubah total perangkat pembelajaran. Berdasarkan kriteria kepraktisan pada Lampiran 27 Tabel 2, perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kriteria praktis sangat tinggi dikarenakan memenuhi skor $90\% \leq SR \leq 100\%$.

(D_{3d}) Uji Keefektifan

Uji keefektifan perangkat pembelajaran terdiri dari 3 indikator, yaitu dengan menganalisis hasil belajar mahasiswa, hasil observasi aktivitas mahasiswa, dan hasil angket respon mahasiswa. Hasil dan analisis keefektifan perangkat pembelajaran dijelaskan sebagai berikut.

a. Hasil Belajar Mahasiswa

Hasil belajar mahasiswa didapat melalui *posttest* yang dilaksanakan pada Rabu, 13 September 2023. Subjek penelitian sebanyak 40 mahasiswa. Berdasarkan hasil *posttest* didapatkan bahwa sebanyak 36 mahasiswa (90%) memiliki nilai diatas ketuntasan minimum yang berarti tuntas secara klasikal. Dalam hal ini, satu dari tiga syarat untuk menilai efektifitas suatu perangkat pembelajaran telah terpenuhi.

b. Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa

Observasi yang digunakan adalah observasi pendahuluan, kegiatan inti, dan penutup. Analisis aktivitas mahasiswa berdasarkan lembar observasi aktivitas mahasiswa yang dinilai oleh 8 observer. Hasil rekapitulasi skor dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Hasil Observasi Aktivitas Mahasiswa

Aspek yang Dinilai	Rata-rata	Persentase
Pendahuluan	4	100%
Kegiatan inti	3,96	99%
Penutup	3,32	83%
Skor rata-rata keseluruhan aspek	3,76	94%

Berdasarkan Tabel 4.10, rata-rata skor hasil observasi aktivitas mahasiswa secara keseluruhan adalah 3,76 dengan persentase 94%. Selain itu, komentar dari observer mayoritas berisi komentar positif, sehingga tidak mengubah total perangkat pembelajaran. Berdasarkan kriteria keefektifan pada Lampiran 27 Tabel 3, perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kriteria efektif sangat aktif dikarenakan memenuhi skor $90\% \leq P \leq 100\%$.

c. Hasil Angket Respon Mahasiswa

Lembar angket mahasiswa dibagikan dalam bentuk *hardfile*. Berdasarkan Tabel 4.11, rata-rata persentase angket respon mahasiswa secara keseluruhan adalah 90,31%. Berdasarkan kriteria respon pada Lampiran 27 Tabel 4, perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kriteria sangat positif dikarenakan memenuhi skor $80\% \leq P_r \leq 100\%$. Ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran telah efektif karena ketiga persyaratan tersebut terpenuhi.

Tabel 4. 11 Rekap Data Hasil Angket Respon Mahasiswa

Aspek yang Dinilai	Persentase
Kesenangan terhadap komponen pembelajaran	91,25%
Kemampuan literasi informasi mahasiswa merasa terlatih	90,55%
Komponen pembelajaran dirasa baru	86,875%
Mahasiswa memahami dengan jelas bahasa yang digunakan	87,5%
Mahasiswa mengerti maksud setiap soal yang disajikan	86,25%
Mahasiswa tertarik dengan penampilan (tulisan dan gambar)	95%
Mahasiswa berminat mengikuti pembelajaran	87,5%
Mahasiswa merasa senang berdiskusi dengan anggota kelompok	97,5%
Skor rata-rata keseluruhan aspek	90,31%

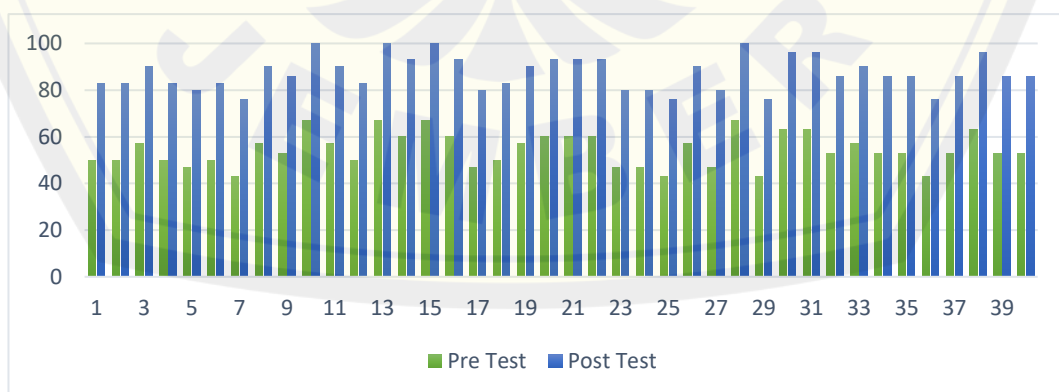
4.2.4 Tahap Penyebaran (D₄)

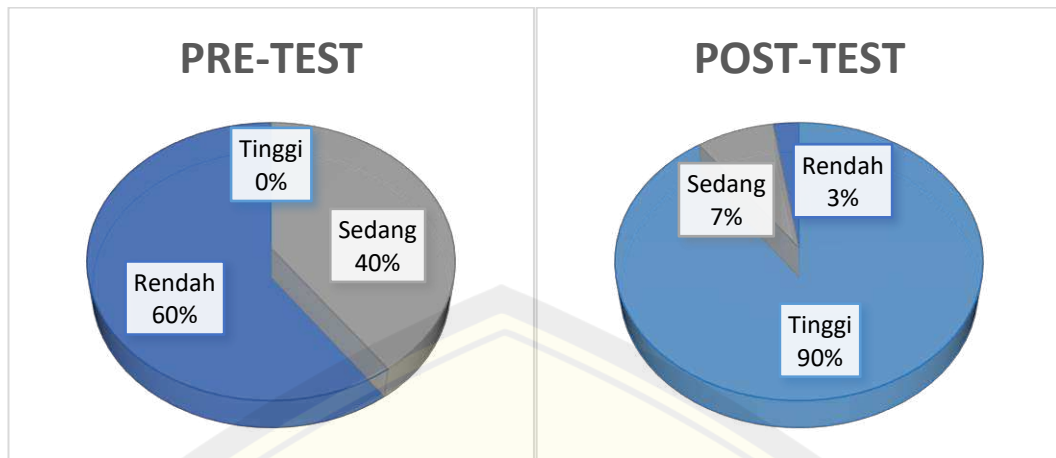
Tahap yang terakhir adalah tahap penyebaran yang menerapkan penggunaan perangkat pembelajaran yang sudah dikembangkan pada skala yang lebih besar seperti di kelas yang belum dilakukan uji coba atau pada program studi yang memiliki mata kuliah serupa. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah perangkat yang telah dikembangkan berfungsi dengan baik untuk kegiatan pembelajaran.

4.3 Analisis Peningkatan Keterampilan Literasi Informasi Mahasiswa

4.3.1 Analisis Data Kuantitatif

Berikut disajikan grafik sebaran nilai hasil *pretest* dan *posttest* mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 4.15. Sedangkan Gambar 4.16 menunjukkan persentase level literasi informasi mahasiswa.

Gambar 4. 15 Grafik sebaran nilai *pretest* dan *posttest*



Gambar 4. 16 Persentase level literasi informasi mahasiswa

Pada hasil *pretest*, mahasiswa yang dikategorikan dengan keterampilan literasi informasi tidak ada yang tingkat tinggi, mahasiswa dengan keterampilan literasi tingkat sedang sebesar 40%, dan mahasiswa dengan keterampilan literasi informasi tingkat rendah sebesar 60%. Sedangkan pada hasil *posttest*, mahasiswa yang dikategorikan dengan keterampilan literasi informasi tingkat tinggi mencapai 90%, mahasiswa dengan keterampilan literasi tingkat sedang menurun menjadi 7%, dan mahasiswa dengan keterampilan literasi informasi tingkat rendah menjadi 3%. Selanjutnya, dilakukan uji normalitas sebagai syarat agar dapat dilakukan *paired sample t-test*. Uji statistik ini dilakukan menggunakan *software* SPSS.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest	.128	40	.095	.948	40	.065
Posttest	.129	40	.090	.949	40	.070

Gambar 4. 17 Hasil Uji Normalitas

Berdasarkan hasil uji normalitas data pada Gambar 4.17, menunjukkan bahwa nilai *pretest* dan *posttest* berdistribusi normal dikarenakan nilai signifikansi (Sig.) > 0,05. Dilanjutkan dengan *paired sample T-test* yang disajikan pada Gambar 4.18 berikut.

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Pretest & Posttest	40	.983	.000

Gambar 4. 18 Korelasi pada Sampel Berpasangan

Hasil uji pada Gambar 4.18 dengan banyak data sebanyak 40 yaitu nilai Sig. *pretest* dan *posttest* yaitu $0,000 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi atau hubungan antara dua rata-rata hasil *pretest* dan *posttest* adalah signifikan.

		Paired Samples Test							
		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	Pretest - Posttest	-30.725	1.648	.261	-31.252	-30.198	-117.883	39	.000

Gambar 4. 19 Hasil *Paired Sample T Test*

Hasil uji pada Gambar 4.19 yaitu probabilitas atau nilai Sig. (2-tailed) sama dengan $0,000 < 0,05$. Kesimpulannya, terdapat perbedaan nilai sebelum dan sesudah dilakukan pembelajaran menggunakan perangkat RBL-STEM terhadap literasi informasi mahasiswa.

4.3.2 Analisis Data Kualitatif

Tahap analisis data kualitatif pada penelitian ini berperan sebagai penguat dari hasil penelitian kuantitatif, selain itu juga untuk membuktikan, memperdalam, dan memperluas data kuantitatif yang telah diperoleh. Penelitian ini dikuatkan dengan triangulasi data yang meliputi potret fase, N-Vivo, dan *wordcloud*.

a. Potret Fase

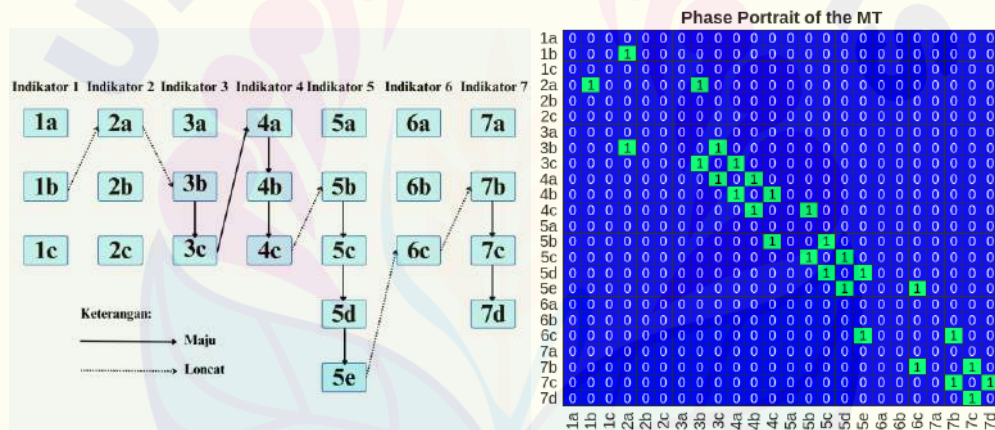
Potret fase merupakan alur berpikir seseorang yang divisualisasikan atau direpresentasikan dalam sebuah bentuk diagram. Potret fase diperoleh dari hasil pemilihan indikator kartu potret fase dari mahasiswa. Wujud diagram dalam hal ini adalah dalam bentuk graf. Tujuan merepresentasikan dalam bentuk graf yaitu agar alur berpikir mahasiswa mudah untuk dianalisis. Alur berpikir yang akan direpresentasikan yaitu alur berpikir literasi informasi mahasiswa. Kartu potret fase dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut.



Gambar 4. 20 Kartu Potret Fase Literasi Informasi Mahasiswa

1) Mahasiswa Kategori Literasi Informasi Tinggi (MT)

Hasil wawancara mendalam dengan mahasiswa subjek MT direpresentasikan dalam alur potret fase. Gambar 4.21 menunjukkan alur berpikir literasi informasi mahasiswa subjek MT.



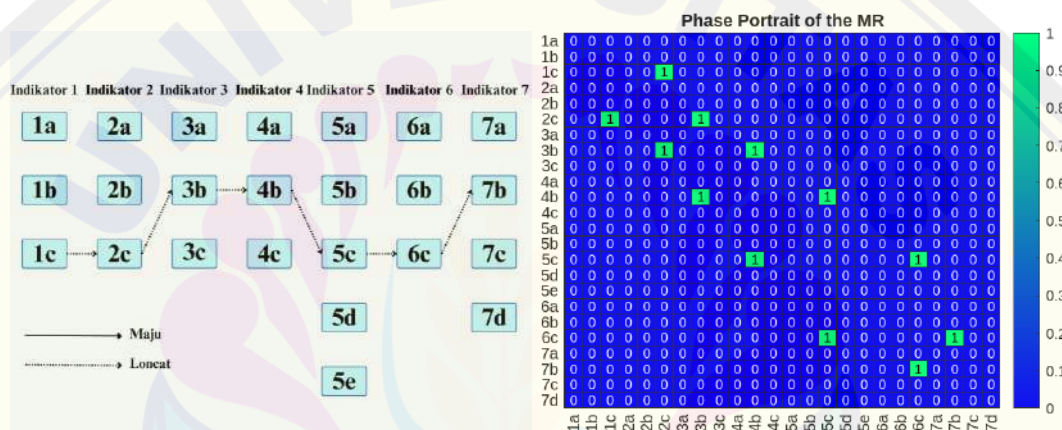
Gambar 4. 21 Diagram Potret Fase MT dan Matriks Adjasensinya

Dengan mempertimbangkan diagram alur berpikir, kita dapat menemukan bahwa derajat total untuk setiap titik adalah $d(1b)=1, d(2a)=2, d(3b)=2, d(3c)=2, d(4a)=2, d(4b)=2, d(4c)=2, d(5b)=2, d(5c)=2, d(5d)=2, d(5e)=2, d(6c)=2d, d(7b)=2, d(7c)=2, d(7d)=1$. Hal ini menunjukkan mahasiswa memenuhi 15 sub indikator. Analisis *Total Depth* (TD), *Mean Depth* (MD), dan *Relative Asymmetry* (RA) dilakukan untuk menentukan seberapa baik literasi informasi mahasiswa MT dari perspektif konfigurasi alur.

mahasiswa MS untuk menyelesaikan permasalahan. Nilai RA terkecil terjadi pada sub indikator 4b dan 5a yaitu 0,44444444 yang berada pada interval $0 \leq RA \leq 1$, artinya nilai tersebut mempunyai nilai *integrity* yang tinggi sehingga dikategorikan sebagai yang baik. Nilai RRA terkecil juga terjadi pada sub indikator 4b dan 5a yaitu 1,26754996 yang berarti memiliki nilai *integrity* yang tinggi pada konfigurasi ruang tersebut.

3) Mahasiswa Kategori Literasi Informasi Rendah (MR)

Hasil wawancara mendalam dengan mahasiswa subjek MR direpresentasikan dalam alur potret fase. Gambar 4.23 menunjukkan alur berpikir literasi informasi mahasiswa subjek MR.



Gambar 4. 23 Diagram Potret Fase MR dan Matriks Adjasensinya

Dengan mempertimbangkan diagram alur berpikir, kita dapat menemukan bahwa derajat total untuk setiap titik adalah $d(1c)=1, d(2c)=2, d(3b)=2, d(4b)=2, d(5c)=2, d(6c)=2, d(7b)=1$. Hal ini menunjukkan mahasiswa memenuhi 7 sub indikator. Selanjutnya, analisis *Total Depth* (TD), *Mean Depth* (MD), dan *Relative Asymmetry* (RA) dilakukan untuk menentukan seberapa baik literasi informasi mahasiswa subjek MR.

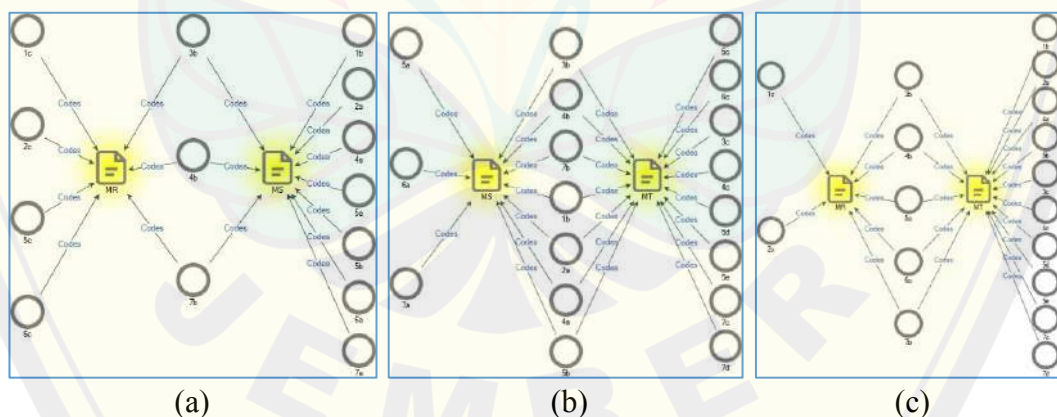
Hasil distribusi nilai yang disajikan pada Lampiran 32 Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa indikator yang memiliki nilai TD paling rendah adalah sub indikator 4b dan 12, artinya sub indikator 4b sangat dibutuhkan mahasiswa MR untuk menyelesaikan permasalahan. Nilai RA terkecil terjadi pada sub indikator 4b yaitu 0,4 yang berada pada interval $0 \leq RA \leq 1$, artinya nilai tersebut mempunyai

nilai *integrity* yang tinggi sehingga dikategorikan sebagai yang baik. Nilai RRA terkecil juga terjadi pada sub indikator 4b yaitu 1,08690549 yang berarti memiliki nilai *integrity* yang tinggi pada konfigurasi ruang tersebut.

b. NVivo

NVivo adalah singkatan dari NUD*IS dan Vivo, yang merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk mengembangkan, mendukung, dan mengelola proyek analisis data kualitatif. Fungsi utama NVivo adalah melakukan *coding* data secara efektif untuk analisis tematik, isi, komparatif, hubungan asosiatif, satu arah, dan simetris. Diagram perbandingan dan peta proyek akan digunakan untuk mengolah data yang telah dikumpulkan dalam penelitian.

Keterampilan literasi informasi mahasiswa dibandingkan dengan dua kategori di bagian berikutnya. Untuk membandingkan dua jenis yang sama dari item proyek analisis, seperti yang ada dalam sumber data, *nodes* atau *cases*, fitur ini dapat menghasilkan diagram perbandingan. Dengan menggunakan diagram perbandingan, dapat ditemukan kesamaan dan perbedaan antara dua item proyek. Jika hanya menggunakan metode analisis tekstual konvensional, perbandingan diagram juga membantu dalam menemukan pola-pola temuan penting yang mungkin terlewatkan. Gambar 4.24 menunjukkan diagram perbandingan.

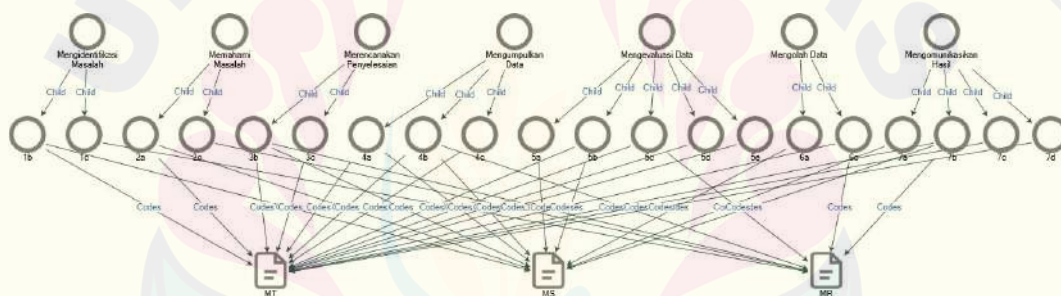


Gambar 4. 24 (a) Perbandingan MR dan MS, (b) Perbandingan MS dan MT, (c) Perbandingan MR dan MT

Dalam perbandingan MR dan MS pada Gambar 4.25 (a) menunjukkan bahwa mahasiswa MR hanya memenuhi 7 sub indikator, dimana 3 diantaranya juga merupakan sub indikator yang dimiliki mahasiswa MS yang memenuhi 10 sub

indikator. Sedangkan perbandingan pada Gambar 4.25 (b) menunjukkan bahwa mahasiswa MS yang memenuhi 10 sub indikator, 7 diantaranya juga merupakan sub indikator yang dimiliki mahasiswa MT yang memenuhi 15 sub indikator. Terakhir, perbandingan MS dan MT pada Gambar 4.25 (c) menunjukkan bahwa mahasiswa MR yang hanya memenuhi 7 sub indikator, memiliki 5 sub indikator yang sama dengan mahasiswa MT yang memenuhi 15 sub indikator.

Selanjutnya akan direpresentasikan grafis peta proyek kombinasi *nodes* sub indikator. Peta proyek bertujuan untuk menjelaskan dan menampilkan hubungan antara berbagai sub indikator. Peta proyek berbentuk bulat atau persegi panjang yang menampilkan komponen proyek yang berbeda dan konektif. Hal ini akan menunjukkan hasil perbandingan dari ketiga kategori yang dianalisis dengan sub indikator yang terpenuhi oleh ketiga mahasiswa. Berikut peta proyek ditunjukkan pada Gambar 4.25.



Gambar 4. 25 Peta Proyek dengan Analisis NVivo

c. *Word Cloud*

Selanjutnya, triangulasi data dilakukan dengan *word cloud* untuk mengetahui bagaimana mahasiswa memahami proses dan materi pembelajaran terhadap literasi informasinya. Salah satu alat visualisasi data yang digunakan dalam perangkat lunak NVivo adalah *word cloud*. Data untuk *word cloud* diperoleh melalui kuesioner. Terdapat 12 pertanyaan dalam kuesioner yang menganalisis pemahaman mahasiswa tentang materi yang diajarkan sesuai dengan sub indikator dan persepsi mereka tentang proses pembelajaran yang berlangsung.

Terdapat 40 mahasiswa yang terdata mengisi kuesioner. Pengkodean digunakan untuk melihat berbagai jenis jawaban mahasiswa. Q1, Q2, Q3, ..., Q12 menunjukkan pertanyaan ke-berapa, sedangkan A1, A2, A3, ..., An menunjukkan jenis jawaban ke-berapa. Misal Q1A1, maka menunjukkan pertanyaan ke-1, jenis

Berdasarkan *word cloud* diatas dapat diketahui bahwa kode dengan tampilan lebih besar memiliki frekuensi terbanyak yang dijawab oleh mahasiswa. Dapat dilihat bahwa tampilan terbesar terdapat pada Q3A14 sesuai dengan jumlah frekuensi terbanyak dari diagram pada Gambar 4.27. Q3 berisikan pertanyaan “Apakah ada tantangan khusus yang Anda hadapi selama proses pembelajaran? Jelaskan!” dan jenis jawaban A14 berisikan “Iya ada, terdapat beberapa materi yang cukup sulit ketika menemukan terobosan tentang RAC.” Selanjutnya disusul oleh Q512, Q7A4, Q10A9, dan seterusnya sampai pada tampilan-tampilan terkecil yang memiliki frekuensi hanya 1.

4.4 Pembahasan

Perangkat pembelajaran yang dikembangkan adalah perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa dalam menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan teknik GNN. Perangkat yang telah dikembangkan telah divalidasi oleh dua validator dan diujicobakan pada kelas E, mata kuliah Aplikasi Graf, Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Jember. Hasil analisis perangkat ini memenuhi kriteria kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Hasil skor rata-rata validasi adalah 3,71 dengan persentase 92,75%. Berdasarkan kriteria kevalidan, perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kriteria valid dikarenakan memenuhi skor $3,25 \leq V_a < 4$. Rata-rata skor hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran secara keseluruhan adalah 3,95 dengan persentase 98,75%. Berdasarkan kriteria kepraktisan, perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kriteria praktis sangat tinggi dikarenakan memenuhi skor $90\% \leq SR \leq 100\%$.

Berdasarkan hasil *posttest* didapatkan bahwa sebanyak 36 mahasiswa (90%) memiliki nilai diatas ketuntasan minimum yang berarti tuntas secara klasikal. Rata-rata skor hasil observasi aktivitas mahasiswa secara keseluruhan adalah 3,76 dengan persentase 94%. Berdasarkan kriteria keefektifan, perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kriteria efektif sangat tinggi dikarenakan memenuhi skor $90\% \leq SR \leq 100\%$. Berdasarkan respon mahasiswa dalam lembar angket, rekapitulasi skor hasil respon mahasiswa secara keseluruhan, persentase positif

rata-rata adalah 90,31%. Ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran telah efektif karena ketiga persyaratan perangkat efektif tersebut terpenuhi.

Pada hasil *pretest*, mahasiswa yang dikategorikan dengan keterampilan literasi informasi tidak ada yang tingkat tinggi, mahasiswa dengan keterampilan literasi tingkat sedang sebesar 40%, dan mahasiswa dengan keterampilan literasi informasi tingkat rendah sebesar 60%. Sedangkan pada hasil *posttest*, mahasiswa yang dikategorikan dengan keterampilan literasi informasi tingkat tinggi mencapai 90%, mahasiswa dengan keterampilan literasi tingkat sedang menurun menjadi 7%, dan mahasiswa dengan keterampilan literasi informasi tingkat rendah menjadi 3%.

Berdasarkan hasil uji normalitas data, menunjukkan bahwa nilai *pretest* dan *posttest* berdistribusi normal dikarenakan nilai signifikansi (Sig.) $> 0,05$. Dilanjutkan dengan *paired sample T-test*, hasil uji dengan banyak data sebanyak 40 yaitu nilai korelasi *pretest* dan *posttest* bernilai $0,000 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi atau hubungan antara dua rata-rata hasil *pretest* dan *posttest* adalah signifikan. Hasil uji selanjutnya yaitu probabilitas atau nilai Sig. (2-tailed) bernilai $0,000 < 0,05$. Kesimpulannya, terdapat perbedaan nilai sebelum dan sesudah dilakukan pembelajaran menggunakan perangkat RBL-STEM terhadap literasi informasi mahasiswa.

Pada analisis kualitatif, digunakan metode triangulasi data seperti potret fase, NVivo, dan *word cloud*. Potret fase memberikan informasi bahwa subjek MT memenuhi 15 sub indikator, subjek MS memenuhi 10 sub indikator, dan subjek MR memenuhi 7 sub indikator. Dalam perbandingan MR dan MS pada NVivo menunjukkan bahwa mahasiswa MR hanya memenuhi 7 sub indikator, dimana 3 diantaranya juga merupakan sub indikator yang dimiliki mahasiswa MS yang memenuhi 10 sub indikator. Sedangkan perbandingan pada mahasiswa MS yang memenuhi 10 sub indikator, 7 diantaranya juga merupakan sub indikator yang dimiliki mahasiswa MT yang memenuhi 15 sub indikator. Terakhir, perbandingan MS dan MT menunjukkan bahwa mahasiswa MR yang hanya memenuhi 7 sub indikator, memiliki 5 sub indikator yang sama dengan mahasiswa MT yang memenuhi 15 sub indikator.

Setiap soal dan jawaban tertinggi merupakan jawaban yang sering muncul sebagai bentuk jawaban mahasiswa yang disesuaikan dengan sub indikator dan berlangsungnya proses pembelajaran. Jawaban paling banyak dari mahasiswa pada Q3A14 yang menunjukkan kuesioner ke-3 dengan jenis jawaban ke-14. Selain itu, untuk mempermudah melihat frekuensi total dari setiap kategori disajikan dengan gambar *word cloud*. Kode dengan tampilan lebih besar memiliki frekuensi terbanyak yang dijawab oleh mahasiswa. Dapat dilihat bahwa tampilan terbesar terdapat pada Q3A14 sesuai dengan jumlah frekuensi terbanyak. Selanjutnya disusul oleh Q512, Q7A4, Q10A9, dan seterusnya sampai pada tampilan-tampilan terkecil yang memiliki frekuensi hanya 1.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dalam pengembangan perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah *rainbow antimagic coloring* dan skema aplikasinya pada teknologi ETLE dengan *graph neural network*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- a. Kerangka aktivitas RBL-STEM mencakup beberapa langkah, yang meliputi:
 - 1) langkah pertama yang harus dilakukan mahasiswa adalah memahami riset terdahulu yang berkaitan dengan fundamental permasalahan yang berkaitan dengan teknologi ETLE, 2) memperoleh terobosan penyelesaian masalah dengan menggunakan RAC dan GNN untuk *forecasting*, 3) mengumpulkan informasi terkait data pelanggaran lalu lintas pada *website* Badan Pusat Statistik dan data peta lalu lintas pada Google Maps, 4) menganalisis data dengan merepresentasikan jalan yang dicari sebelumnya untuk penempatan CCTV lalu lintas ke representasi bentuk graf, 5) mencari pola generalisasi RAC dari representasi graf yang telah dibuat sebelumnya, 6) diakhiri dengan menjelaskan atau merepresentasikan hasil dan kesimpulan dari serangkaian kegiatan-kegiatan sebelumnya.
- b. Proses pengembangan perangkat dan hasil pengembangan melibatkan beberapa tahap. Tahap pertama adalah pendefinisian, dimana dilakukan analisis awal-akhir, analisis mahasiswa, analisis konsep, dan analisis tugas. Dilanjutkan tahap kedua yaitu perancangan, dengan penyusunan tes, pemilihan media, pemilihan format, dan perancangan awal. Selanjutnya pada tahap ketiga yaitu pengembangan, dilakukan uji validitas, uji coba, uji kepraktisan, dan uji keefektifan. Dan tahap terakhir yaitu penyebaran, dengan menyebarluaskan kepada dosen pendidikan matematika melalui *hardfile* ataupun *softfile* dengan pemanfaatan *internet of things*.

- c. Hasil analisis data dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu analisis kuantitatif dan analisis kualitatif. Analisis kuantitatif melibatkan pengolahan data *pretest* dan *posttest*, dimana dilakukan uji normalitas dan uji t sampel berpasangan (*paired sample t-test*). Berdasarkan uji normalitas, dapat disimpulkan bahwa nilai *pretest* dan *posttest* memiliki distribusi yang normal, karena nilai signifikansi (Sig.) $> 0,05$. Selanjutnya hasil *paired sample t-test* menunjukkan nilai Sig. (2-tailed) sama dengan $0,000 < 0,05$. Artinya, terdapat perbedaan nilai sebelum dan sesudah dilakukan pembelajaran menggunakan perangkat RBL-STEM terhadap literasi informasi mahasiswa. Dalam analisis kualitatif, digunakan metode triangulasi data seperti potret fase, NVivo, dan *word cloud*. Potret fase memberikan informasi bahwa subjek MT memenuhi 24 sub indikator, subjek MS memenuhi 15 sub indikator, dan subjek MR memenuhi 10 sub indikator. Dalam NVivo, data dikelompokkan menggunakan fitur diagram perbandingan dan peta proyek. Sementara itu, *word cloud* menampilkan kode soal dan jenis jawaban yang paling banyak disebut oleh mahasiswa sebagai bentuk pemahaman dalam proses pembelajaran dan literasi informasi terkait materi yang diajarkan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengembangan perangkat RBL-STEM untuk meningkatkan literasi informasi mahasiswa menyelesaikan masalah RAC dan skema aplikasinya pada teknologi ETL dengan GNN, terdapat beberapa saran yang bisa diberikan sebagai berikut.

- a. Bagi peneliti selanjutnya, model perangkat RBL-STEM dapat dikembangkan untuk meningkatkan literasi atau keterampilan lainnya.
- b. Model perangkat RBL-STEM dapat dikembangkan pada topik permasalahan pada materi lainnya.
- c. Model perangkat RBL-STEM dapat dikembangkan pada skema aplikasi lainnya dan menerapkan penyelesaian masalah di dunia nyata dengan tetap menggunakan penyelesaian berbantuan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Approaches for Implementing STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics) Activities among Middle School Students in Thailand. (2020). *International Journal of Educational Methodology*, 6(1), 185–198. <https://doi.org/10.12973/ijem.6.1.185>
- Cahyono. (2021). *Menggali Persepsi Mahasiswa Jurusan Ilmu Sosial tentang Literasi Informasi dan Penggunaan Ponsel di Pendidikan Tinggi. Il*, 1–19.
- Beladina, N., & Suyitno, A. (2013). Keefektifan Model Pembelajaran Core Berbantuan Lkpd Terhadap Kreativitas Matematis Siswa. *Unnes Journal of Mathematics Education*, 2(3). <https://doi.org/10.15294/ujme.v2i3.3363>
- Blackmore, P., & Fraser, M. (2007). Research Based Learning Strategies for Successfully Linking Teaching and Research. *Journal of Education*, 13(2), 1–13.
- Borman, R. I., Ahmad, I., & Rahmanto, Y. (2022). Klasifikasi Citra Tanaman Perdu Liar Berkhasiat Obat Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function. *Bulletin of Informatics and Data Science*, 1(1), 6–13.
- Chartrand, G., Egan, C., & Zhang, P. (2019). *Springer Briefs In Mathematics How to Label a Graph*. <http://www.springer.com/series/10030>
- Dafik. (2023). *GRAPH NEURAL NETWORKS* (pp. 53–55).
- Dafik, Suciarto, B., Irvan, M., & Rohim, M. A. (2019). The analysis of student metacognition skill in solving rainbow connection problem under the implementation of research-based learning model. *International Journal of Instruction*, 12(4), 593–610. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12438a>
- Dalton, M. (2013). *Dalton IL and EBP*. 7(1).
- Gita, R. S. D., Waluyo, J., Dafik, & Indrawati. (2021). On the shrimp skin chitosan STEM education research-based learning activities: Obtaining an alternative natural preservative for processed meat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 747(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/747/1/012123>
- Gusti Ayu Komang Noviani, I., & Astuti, P. (2018). Pelaksanaan Pengawasan

- Penindakan Pelanggaran Lalu Lintas Melalui Proses E-Tilang Di Polresta Sidoarjo. *Jurnal Novum*, 2(1), 1–8.
- Healey, M., Jenkins, A., & Lea, J. (2014). *Developing research-based curricula in college-based higher education*. March, 1–10.
- Hutchinson, J. P., Hartsfield, N., & Ringel, G. (1991). Pearls in Graph Theory, a Comprehensive Introduction. *The American Mathematical Monthly*, 98(9), 873. <https://doi.org/10.2307/2324291>
- Indarsih, Y. (2021). Application of Electronic Traffic Law Enforcement (E-TLE) Ticketing System Management at Polda West Java. *Enrichment : Journal of Management*, 11(2), 402–406. <https://enrichment.iocspublisher.org/index.php/enrichment/article/view/112>
- Jannah, E. S. W., Dafik, & Fatahillah, A. (2021). *Pengembangan Perangkat Research-Based Learning dengan Pendekatan STEM dalam Meningkatkan Metaliterasi Peserta Didik Menyelesaikan Masalah Himpunan Pasangan Berurutan*. 2(2). <https://doi.org/10.25037/cgantjma.v2i2.64>
- Jannah, E. S. W., Dafik, & Fatahillah, A. (2021). *The Research Based Learning - STEM Learning Activities : The Use of Combinatorial Set Theory to Improve the Students Metaliteracy in Solving Flight Scheduling Problems*. 2.
- Jenkins, A. (2004). A Guide to the Research Evidence on Teaching-Research Relations. *Higher Education Academy*, 1–36. www.heacademy.ac.uk/resources.asp.
- Johnston, B., & Weber, S. (2003). Information Literacy in Higher Education. *Studies in Higher Education*, 28(3), 335–352. http://www.informaworld.com/mpp/faqs/informaworld_chinese_faq.pdf
- Mary Margaret Capraro, Jennifer G. Whitfield, Matthew J. Etchells, and R. M. C. (2019). *A Companion to Interdisciplinary STEM*.
- Mazidah, T., Dafik, & Slamini. (2021). On the student's combinatorial thinking skills under the implementation of research based learning in solving resolving independent domination number of graphs. *Journal of Physics: Conference Series*, 1836(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1836/1/012061>
- Rikayani, N. P. D., Padmadewi, N. N., & Mardani, D. M. S. (2017). *Pengembangan*

- Perangkat Pembelajaran Mata Kuliah Microteaching Berbasis Kkni Untuk Lptk Penyelenggara Pendidikan Bahasa Jepang Di Bali*. 3(3), 543–548.
- Roberts, A., & Cantu, D. (2012). Applying STEM instructional strategies to design and technology curriculum. *Technology Education in the 21st Century. Technology Education in the 21st Century*, 73, 111–118.
- Scarselli, F., Gori, M., Tsoi, A. C., Hagenbuchner, M., & Monfardini, G. (2009). The graph neural network model. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 20(1), 61–80. <https://doi.org/10.1109/TNN.2008.2005605>
- Septiyantono, T. (2014). *Konsep Dasar Literasi Informasi*. 1–77.
- Subba Rao, K. (2009). Standards of higher education. *Current Science*, 97(9), 1276.
- Sulistiyono, B., Slamini, Dafik, Wangguway, Y., & Al Jabbar, Z. L. (2020). Students' creative-innovative thinking skill in solving rainbow antimagic coloring under research based learning model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1538(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1538/1/012096>
- Suntusia, Dafik, & Hobri. (2019). The effectiveness of Research Based Learning in improving students' achievement in solving two-dimensional arithmetic sequence problems. *International Journal of Instruction*, 12(1), 17–32. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.1212a>
- Winarni, J., Zubaidah, S., & H, S. K. (2016). STEM: apa, mengapa, dan bagaimana. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM* (Vol. 1, pp. 976–984).
- Yudistira, Y. (2017). Literasi Informasi Pustakawan di Perpustakaan Fakultas Teknik UGM Menggunakan Pengembangan Model The BIG6. *Berkala Ilmu Perpustakaan Dan Informasi*, 13(1), 97. <https://doi.org/10.22146/bip.26069>