



---

## **Pengembangan Perangkat RBL-STEM dengan Teknik Jaringan Syaraf Tituan Graf (JSTG) untuk Peramalan Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis REDS**

**Chalim Mufidah<sup>1\*</sup>, Rifda Izza<sup>2</sup>, Yusril Achmad Fatoni<sup>3</sup>, Aulia Rahmatika Nur Azizah<sup>4</sup>, Muhammad Hasan Asnawi<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Jember, Indonesia

Email: [chalimmufidah92@gmail.com](mailto:chalimmufidah92@gmail.com)

<sup>2</sup> Program Studi Tadris Matematika, Universitas Islam Cordoba Banyuwangi, Indonesia

Email: [rifda@uicordoba.ac.id](mailto:rifda@uicordoba.ac.id)

<sup>3</sup> Program Studi Tadris Matematika, UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, Indonesia

Email: [yusril.af@lecturer.uinkhas.ac.id](mailto:yusril.af@lecturer.uinkhas.ac.id)

<sup>4</sup> Program Studi Tadris Bahasa Inggris, Universitas Islam Cordoba Banyuwangi, Indonesia

Email: [aulia@uicordoba.ac.id](mailto:aulia@uicordoba.ac.id)

<sup>5</sup> Program Studi Tadris Matematika, Universitas KH. Mukhtar Syafaat Banyuwangi, Indonesia

Email: [hasanasnawi@iaida.ac.id](mailto:hasanasnawi@iaida.ac.id)

\*Corresponding Author:

[chalimmufidah92@gmail.com](mailto:chalimmufidah92@gmail.com)

### **Abstrak**

Proses pengembangan perangkat pembelajaran RBL-STEM ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan konjekturing mahasiswa dalam menyelesaikan masalah pemberian kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik dengan menerapkan teknik spatial temporal graph neural network dan resolving efficient dominating set (REDS). Perangkat dikembangkan berdasarkan model Thiagarajan (4D) yang meliputi tahapan pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebaran. Kriteria perangkat pembelajaran yang digunakan meliputi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa pada pre-test, sebesar 13% mahasiswa berada pada tingkat penguasaan rendah ( $0 \leq \text{TPS} < 40$ ), 77% pada tingkat cukup ( $40 \leq \text{TPS} < 60$ ), dan 10% pada tingkat sedang ( $60 \leq \text{TPS} < 75$ ). Sementara pada post-test, terjadi peningkatan signifikan yaitu 3% mahasiswa berada pada tingkat cukup, 53% pada tingkat sedang, dan 43% pada tingkat tinggi ( $75 \leq \text{TPS} < 90$ ), sehingga total mahasiswa yang tuntas mencapai 86%. Temuan ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan tidak hanya valid dan praktis, tetapi juga efektif dalam meningkatkan kemampuan konjekturing mahasiswa pada konteks pembelajaran berbasis masalah dan teknologi kecerdasan buatan

---

**Kata Kunci:** *perangkat pembelajaran RBL-STEM, JSTG, REDS*

---

---

### Abstract

*The development process of this RBL-STEM learning tool aims to improve students' conjecturing skills in solving the problem of providing hydroponic plant nutrition needs by applying spatial temporal graph neural network and resolving efficient dominating set (REDS) techniques. The tool was developed based on the Thiagarajan (4D) model which includes the stages of definition, design, development, and dissemination. The learning tool criteria used include aspects of validity, practicality, and effectiveness. The results of the effectiveness test showed that in the pre-test, 13% of students were at a low level of mastery ( $0 \leq \text{TPS} < 40$ ), 77% at a sufficient level ( $40 \leq \text{TPS} < 60$ ), and 10% at a moderate level ( $60 \leq \text{TPS} < 75$ ). Meanwhile, in the post-test, there was a significant increase, namely 3% of students were at a sufficient level, 53% at a moderate level, and 43% at a high level ( $75 \leq \text{TPS} < 90$ ), so that the total number of students who completed the program reached 86%. These findings indicate that the developed learning tools are not only valid and practical, but also effective in improving students' conjecturing abilities in the context of problem-based learning and artificial intelligence technology.*

---

Kata Kunci: *learning tools, RBL-STEM, JSTG, REDS*

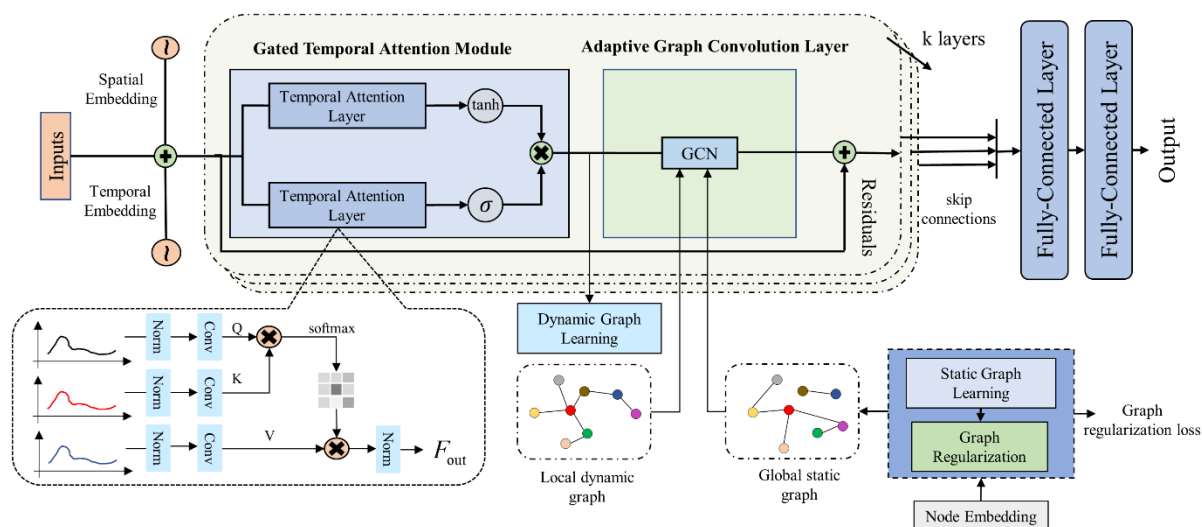
---

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah membuka peluang besar dalam berbagai bidang, termasuk pertanian modern seperti sistem hidroponik (Zhang et al., 2021). Salah satu tantangan utama dalam sistem pertanian hidroponik adalah kemampuan dalam meramalkan kebutuhan nutrisi tanaman secara akurat dan efisien agar pertumbuhan tanaman optimal (Rahman & Putra, 2020). Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan pendekatan yang mengintegrasikan teknologi komputasi cerdas dengan strategi pembelajaran yang melatih mahasiswa untuk berpikir kritis, sistematis, dan inovatif (Sugiyanto, 2022).

Salah satu pendekatan yang dinilai efektif untuk membentuk keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa adalah model pembelajaran Research-Based Learning (RBL) yang terintegrasi dengan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Model ini menekankan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses inkuiri dan pemecahan masalah nyata berbasis data dan teknologi (Dewi & Sari, 2021) (Izza dkk, 2023). Dalam konteks ini, keterampilan konjekturing, yaitu kemampuan membuat dugaan atau prediksi berdasarkan pola dan informasi yang tersedia, menjadi penting untuk dikembangkan (Widodo, 2019; NCTM, 2000) (Sumarno dkk, 2023). Kemampuan konjekturing diperlukan ketika mahasiswa dihadapkan pada persoalan kompleks yang tidak memiliki penyelesaian langsung.

Agar model pembelajaran dapat berjalan secara optimal, diperlukan perangkat pembelajaran yang dirancang secara sistematis dan terintegrasi. Perangkat pembelajaran tidak hanya menjadi panduan teknis bagi dosen dan mahasiswa, tetapi juga sebagai alat untuk mengarahkan proses pembelajaran agar mencapai tujuan secara efektif (Nieveen, 2007) (Izza dkk, 2023). Perangkat pembelajaran yang baik harus memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif agar dapat digunakan secara optimal dalam berbagai konteks pembelajaran. Terlebih dalam pembelajaran yang berbasis proyek dan teknologi seperti RBL-STEM, keberadaan perangkat yang terstruktur menjadi penentu keberhasilan pelaksanaan dan pencapaian hasil belajar (Plomp & Nieveen, 2013).



Gambar 1. Ilustrasi Spatial Temporal Graph Neural Network (STGNN) (Yafeng Gu, 2022)

Dalam mendukung pemecahan masalah peramalan nutrisi tanaman hidroponik, pendekatan teknologi melalui Spatial Temporal Graph Neural Network (STGNN) memungkinkan pemrosesan data spasial-temporal secara simultan (Wu et al., 2020). Selain itu, penerapan metode Resolving Efficient Dominating Set (REDS) berfungsi untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan berbasis data dalam sistem prediksi (Chen & Zhao, 2022). Kedua pendekatan tersebut kemudian dikemas dalam teknik Jaringan Syaraf Tiruan Graf (JSTG) dan diintegrasikan dalam perangkat pembelajaran RBL-STEM.

Meskipun pendekatan pembelajaran berbasis Research-Based Learning (RBL) dan STEM telah banyak digunakan untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa, penelitian yang secara khusus mengembangkan perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan keduanya dengan teknologi kecerdasan buatan, khususnya Jaringan Syaraf Tiruan Graf (JSTG), masih sangat terbatas. Padahal, pengembangan perangkat semacam ini penting untuk membekali mahasiswa dengan keterampilan berpikir analitis dan prediktif dalam menghadapi permasalahan nyata, seperti peramalan kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik. Selain itu, sebagian besar studi sebelumnya lebih menekankan pada kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah, sementara kajian mengenai keterampilan konjekturing terutama dalam konteks pembelajaran berbasis teknologi dan data masih jarang dilakukan. Lebih lanjut, teknik seperti Resolving Efficient Dominating Set (REDS) dan Spatial Temporal Graph Neural Network (STGNN) memang telah berkembang dalam studi-studi komputasi dan jaringan, namun belum banyak dimanfaatkan sebagai bagian integral dalam perangkat pembelajaran mahasiswa. Hingga saat ini, belum ditemukan kajian yang secara komprehensif merancang sekaligus mengevaluasi perangkat pembelajaran RBL-STEM berbasis JSTG-REDS dari aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya terhadap peningkatan keterampilan konjekturing mahasiswa. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi celah tersebut dan menghasilkan perangkat pembelajaran inovatif yang mampu menjawab tantangan pendidikan abad ke-21.

## METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan (research and development/R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan perangkat pembelajaran berbasis RBL-STEM dengan integrasi teknik Jaringan Syaraf Tiruan Graf (JSTG) dan Resolving Efficient Dominating Set (REDS) dalam konteks peramalan kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model 4D (Four-D Model) yang dikembangkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974), yang terdiri dari empat tahapan: Define (pendefinisian), Design (perancangan), Develop (pengembangan), dan Disseminate (penyebaran).

Tahap Define (Pendefinisian) pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan melalui studi literatur, wawancara, dan observasi untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran, karakteristik mahasiswa, dan kebutuhan akan integrasi teknologi dalam pembelajaran STEM berbasis proyek. Tahap Design (Perancangan) peneliti merancang perangkat pembelajaran yang terdiri atas Rencana Pembelajaran (RPS), Modul Mahasiswa, Lembar Aktivitas, serta skenario penerapan JSTG-REDS dalam bentuk studi kasus hidroponik berbasis data. Tahap Develop (Pengembangan) perangkat pembelajaran yang telah dirancang divalidasi oleh para ahli materi, ahli pembelajaran STEM, dan ahli teknologi kecerdasan buatan untuk mengukur tingkat validitas. Setelah revisi, dilakukan uji coba terbatas (small group try-out) pada mahasiswa untuk mengetahui tingkat kepraktisan perangkat. Tahap Disseminate (Penyebaran) perangkat disebarluaskan dan diimplementasikan dalam skala luas (kelas eksperimen) untuk mengetahui tingkat efektivitas melalui pengukuran kemampuan konjekturing mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran (pre-test dan post-test).

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa program studi Tadris Matematika pada salah satu perguruan tinggi swasta yang dilaksanakan pada semester genap tahun akademik 2024/2025. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi perangkat, angket kepraktisan, dan tes keterampilan konjekturing, dengan data dikumpulkan melalui observasi, dokumentasi, angket, dan tes. Analisis data dilakukan dengan menghitung rata-rata skor validasi perangkat dari para validator untuk menentukan kategori sangat valid, valid, cukup valid, atau tidak valid; kepraktisan perangkat dianalisis dari tanggapan mahasiswa dan dosen terkait kemudahan penggunaannya; sedangkan efektivitas perangkat dianalisis dengan membandingkan hasil pre-test dan post-test menggunakan analisis deskriptif kuantitatif berupa persentase ketuntasan belajar serta peningkatan tingkat penguasaan keterampilan konjekturing.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengembangan perangkat pembelajaran RBL STEM digunakan untuk meningkatkan keterampilan konjekturing mahasiswa dalam menyelesaikan masalah pemberian kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik menggunakan *spatial temporal graph neural network* dan *resolving efficient dominating set*. Kriteria perangkat pembelajaran yang digunakan adalah valid, praktis, dan efektif. Proses pengembangan ini mengacu terhadap model Thiagarajan (4D) yang

meliputi tahap pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*).

### Tahap Pendefinisian

Tahap pendefinisian merupakan tahap penetapan dan pendefinisian syarat-syarat apa saja yang dibutuhkan dalam pembelajaran dengan menganalisis tujuan dan batasan materi yang akan disampaikan. Terdapat empat langkah pada tahapan pendefinisian yaitu analisis awal-akhir, analisis mahasiswa, analisis konsep, dan analisis tugas

Pada analisis awal-akhir ini *Resolving efficient dominating set* dipilih sebagai topik kajian karena topik ini tergolong dalam topik baru yang menggabungkan dua topik, yaitu himpunan pembeda dan himpunan efisien pembeda. Adanya pembelajaran mengenai topik ini diharapkan dapat menambah wawasan kepada mahasiswa dan dijadikan referensi untuk menyusun tugas akhir. Penyelesaian permasalahan ini membutuhkan mahasiswa yang aktif dan kreatif sehingga dapat menemukan *efficient dominating set* yang diharapkan. Model pembelajaran yang cocok digunakan dalam pembelajaran RBL-STEM untuk melatih keterampilan konjekturing mahasiswa.

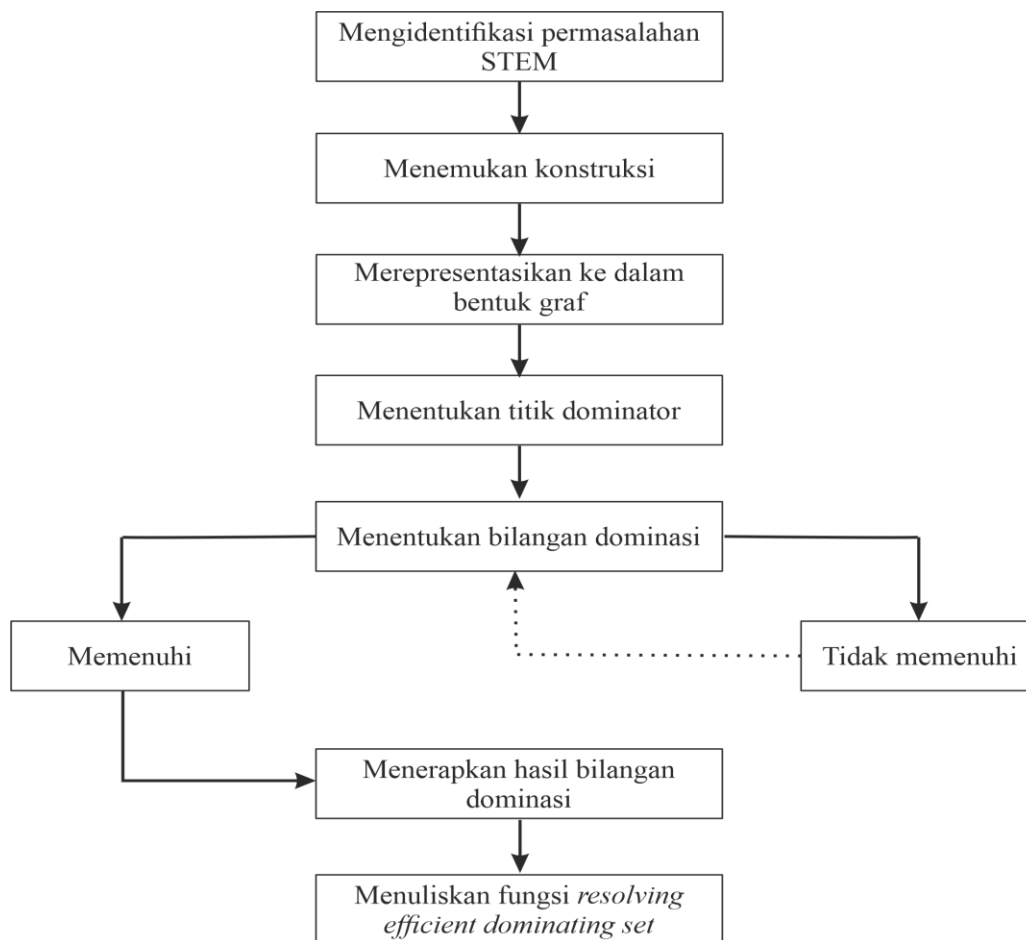
Tahap selanjutnya adalah analisis mahasiswa digunakan untuk mendapatkan data karakteristik mahasiswa S1 Pendidikan Matematika. Mahasiswa harus terlibat langsung dalam proses pembelajaran dan dapat bekerjasama dalam kelompok. Mahasiswa merasa sedikit kesulitan dalam memahami topik *resolving efficient dominating set* dan aplikasinya, salah satunya yaitu pengolahan *big data* pada *machine learning* menggunakan program *google colab*. Namun, selanjutnya mereka mampu memahami permasalahan dan konsep yang diberikan.

Analisis tugas yang dilakukan merujuk pada analisis awal-akhir, analisis mahasiswa dan analisis konsep. Berdasarkan permasalahan-permasalahan dasar yang terjadi pada proses pembelajaran, karakteristik mahasiswa serta kerangka konsep yang dibuat, peneliti menetapkan tugas dalam LKM berupa bagian rumpang dan dalam tes keterampilan berpikir berupa soal tentang himpunan dominasi efisien pembeda serta aplikasinya dalam dunia nyata. Tugas tersebut diharapkan mampu meningkatkan keterampilan konjekturing mahasiswa. Kemampuan akhir yang harus dicapai mahasiswa setelah pembelajaran antara lain mampu memahami konsep himpunan dominasi efisien pembeda serta aplikasinya dalam dunia nyata.

Berdasarkan hasil analisis awal-akhir yang telah dilakukan, analisis konsep yang dilakukan menghasilkan peta konsep sebagai berikut:

Indikator pencapaian keterampilan konjekturing yang disusun berdasarkan kemampuan akhir tersebut antara lain sebagai berikut:

- 1) Mahasiswa mampu mengidentifikasi permasalahan terkait konsep *resolving efficient dominating set*.
- 2) Mahasiswa mampu mengurai informasi dari permasalahan terkait konsep *resolving efficient dominating set*.
- 3) Mahasiswa mampu menentukan langkah penyelesaian permasalahan terkait konsep *resolving efficient dominating set*.
- 4) Mahasiswa mampu menerapkan langkah-langkah dalam menyelesaikan permasalahan terkait konsep *resolving efficient dominating set*.
- 5) Mahasiswa mampu menemukan bilangan *resolving efficient dominating set* suatu graf.
- 6) Mahasiswa mampu membuat makna dari solusi yang ditemukan serta mampu membuat generalisasi berdasarkan penyelesaian permasalahan sejenis sebelumnya.

Gambar 2. Peta konsep topik *resolving efficient dominating set*

### Tahap Perancangan

Tahap perencanaan bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran yang akan digunakan sehingga diperoleh contoh perangkat pembelajaran. Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat pembelajaran RBL-STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir konjekturing mahasiswa terhadap materi *resolving efficient dominating set*. Terdapat empat langkah pada tahap ini yaitu.

#### a. Penyusunan tes dan instrumen

Penyusunan *pretest* dan *post-test* ini didasari pada tugas dan analisis konsep yang telah dijabarkan dalam perumusan tujuan pembelajaran. Tes ini berbentuk uraian yang memuat STEM, dalam hal ini permasalahan yang dimunculkan adalah permasalahan anomali kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik dan klasifikasi tanaman hidroponik yang berkaitan dengan topik himpunan dominasi efisien pembeda dan penentuan tanaman hidroponik yang akan terjadi anomali kebutuhan nutrisi dan tidak terjadi anomali kebutuhan nutrisi yang berkaitan dengan jaringan syaraf tiruan graf.

#### b. Pemilihan media

Proses pemilihan media disesuaikan dengan analisis mahasiswa, analisis konsep, serta analisis tugas sebelumnya. Media yang dipilih antara lain *power point* sebagai media presentasi

penyampaian materi yang dapat mendukung pemahaman kepada mahasiswa, serta pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) yang memuat indikator konjekturing.

c. Pemilihan format

Pemilihan format dalam pengembangan perangkat pembelajaran bertujuan untuk merumuskan dan menentukan rancangan media pembelajaran, pemilihan strategi, pendekatan, metode, dan sumber pembelajaran yang akan digunakan selama kegiatan belajar mengajar. Dalam penelitian ini, model pembelajaran yang digunakan yaitu pembelajaran berbasis RBL-STEM pada topik *resolving efficient dominating set* dengan tahapan-tahapan pembelajaran yang ada di dalamnya dipilih sebagai format pembelajaran. Hal tersebut dilakukan karena penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis penelitian dengan pendekatan STEM pada topik *resolving efficient dominating set* serta memuat beberapa hal yang dapat mengukur keterampilan konjekturing mahasiswa berdasarkan indikator kemampuan tersebut.

d. Perancangan awal

Perancangan awal adalah seluruh rancangan perangkat pembelajaran yang harus dikerjakan sebelum dilakukan uji coba. Adapun perangkat pembelajaran berupa Rancangan Tugas Mahasiswa (RTM), Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), dan Tes Hasil Belajar (THB).

## Tahap Pengembangan

Pada tahap pengembangan, seluruh perangkat yang dikembangkan divalidasi oleh validator dan dilakukan revisi sesuai dengan saran yang diberikan. Setelah perangkat dinyatakan valid, diadakan uji coba di kelas Matematika Diskrit B Program Studi Pendidikan Matematika. Hasil tahapan pengembangan ini sebagai berikut:

a. Uji validasi

Perangkat yang dikembangkan direvisi sesuai dengan penilaian dan saran dari validator. Perangkat divalidasi oleh dua validator, validator pertama adalah dosen program studi matematika yang ahli dalam bidang graf dan validator kedua adalah dosen program studi pendidikan matematika yang ahli dalam bidang pendidikan. Hasil validasi perangkat dari kedua validator adalah sebagai berikut:

1) Hasil validasi Rancangan Tugas Mahasiswa (RTM)

Berdasarkan rekapitulasi validasi RTM, hasil skor rata-rata validasi RTM adalah 3,53 dengan persentase 88,33%. Berdasarkan kriteria kevalidan yang telah dijelaskan pada bab 3, RTM yang disusun memenuhi kriteria valid, dikarenakan memenuhi skor  $3,25 < V_a < 4$ .

2) Hasil validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Berdasarkan rekapitulasi validasi LKM, hasil skor rata-rata validasi LKM adalah 3,46 dengan persentase 86,54%. Berdasarkan kriteria kevalidan yang telah dijelaskan pada bab 3, LKM yang disusun memenuhi kriteria valid, dikarenakan memenuhi skor  $3,25 < V_a < 4$ .

3) Hasil validasi Tes Hasil Belajar (THB)

Berdasarkan rekapitulasi validasi THB, hasil skor rata-rata validasi THB adalah 3,50 dengan persentase 87,50%. Berdasarkan kriteria kevalidan yang telah dijelaskan pada bab 3, THB yang disusun memenuhi kriteria valid, dikarenakan memenuhi skor  $3,25 < V_a < 4$ .

4) Hasil validasi lembar kuesioner

Berdasarkan rekapitulasi validasi instrumen adalah 3,45 dengan persentase 85,94%. Berdasarkan kriteria kevalidan yang telah dijelaskan, THB yang disusun memenuhi kriteria valid, dikarenakan memenuhi skor  $3,25 < V_a < 4$ .

b. Uji coba perangkat

Uji coba perangkat yang telah divalidasi dan direvisi ini dilakukan pada mahasiswa kelas Matematika Diskrit B Program Studi Pendidikan Matematika. Kelas yang dilakukan uji coba terdiri dari 30 mahasiswa sebagai objek uji coba. Proses uji coba didampingi oleh observer yang bertugas mengamati keaktifan mahasiswa selama pembelajaran dan satu dosen pengampu. Observer terdiri dari lima orang dan diambil dari mahasiswa magister Pendidikan Matematika. Pedoman yang digunakan masing-masing observer adalah lembar observasi aktivitas mahasiswa beserta rubrik penilaiannya. Hasil penilaian uji coba yang terdiri dari penilaian observer serta hasil pekerjaan mahasiswa digunakan untuk menilai keefektifan dan kepraktisan perangkat.

Peneliti membuka pembelajaran dilanjutkan dengan memberikan tes terlebih dahulu sebelum memasuki pembelajaran menggunakan LKM. Setelah diadakan tes, peneliti memberikan sedikit stimulus tentang pengertian graf, menjelaskan sekilas mengenai jaringan syaraf tiruan graf dan representasi graf dari desain tanaman hidroponik, serta konsep *resolving efficient dominating set*. Pembelajaran pada kelas uji coba ini menggunakan model pembelajaran RBL-STEM. Mahasiswa diajak untuk mengamati permasalahan, memahami inti permasalahan, dan memahami informasi-informasi berguna dalam permasalahan yang disajikan. Setelah itu, mahasiswa diberi kesempatan untuk membangun suatu strategi penyelesaian masalah. Kemudian dosen mengarahkan strategi-strategi yang ditulis oleh mahasiswa ke konsep *resolving efficient dominating set*. Setelah memahami beberapa hal yang dijelaskan oleh peneliti, mahasiswa dibagi menjadi enam kelompok dengan didampingi satu observer. Masing-masing mahasiswa berdiskusi bersama kelompok dan semua anggota kelompok diminta untuk aktif berdiskusi satu sama lain. Observer membantu membimbing kelompok apabila terdapat masalah dalam mengerjakan LKM khususnya jika terdapat gambar yang kurang jelas pada LKM. Waktu yang diberikan untuk diskusi kurang lebih 40 menit, kemudian mahasiswa fokus ke pembelajaran utama. Kelompok dipersilahkan melakukan presentasi sesuai dengan hasil yang didapatkan selama berdiskusi. Setelah melakukan presentasi, dosen memberikan penguatan untuk menyimpulkan terkait beberapa hal yang sudah dipelajari. Dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk memberikan pertanyaan terkait hal-hal yang belum dipahami.

Pada pertemuan selanjutnya, dosen meminta mahasiswa untuk mengerjakan *post-test*. Sebelum mengakhiri pembelajaran, dosen memberikan lembar angket respon mahasiswa kepada mahasiswa dan memerintahkan untuk mengisi secara jujur dan terbuka. Data yang didapatkan dari pelaksanaan uji coba antara lain data aktivitas mahasiswa, data observasi keterlaksanaan, angket respon mahasiswa, data hasil *pre-test*, dan data hasil *post-test*. Analisis kepraktisan dan keefektifan perangkat akan dilakukan pada data yang telah didapatkan. Hasil analisis ini dapat dijadikan pertimbangan untuk merevisi perangkat pembelajaran hingga didapatkan *draft* perangkat pembelajaran yang siap untuk digunakan dalam penelitian di kelas eksperimen.

#### c. Uji Kepraktisan

Uji kepraktisan perangkat pembelajaran dilakukan dengan menganalisis aktivitas belajar mahasiswa dan aktivitas dosen selama pembelajaran berlangsung. Analisis aktivitas mahasiswa dan dosen berdasarkan lembar observasi keterlaksanaan proses pembelajaran yang dinilai oleh lima observer yang diambil dari mahasiswa Magister Pendidikan Matematika. Hasil rekapitulasi skor rata-rata hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran secara keseluruhan adalah 3,78 dengan persentase 94,42%. Selain itu, saran dari praktisi tidak mengubah total

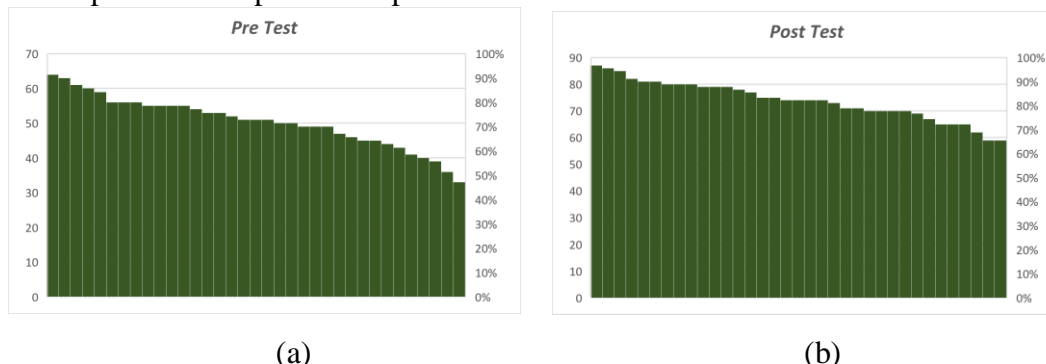


perangkat pembelajaran, hanya sebagian kecil saja. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kategori kepraktisan.

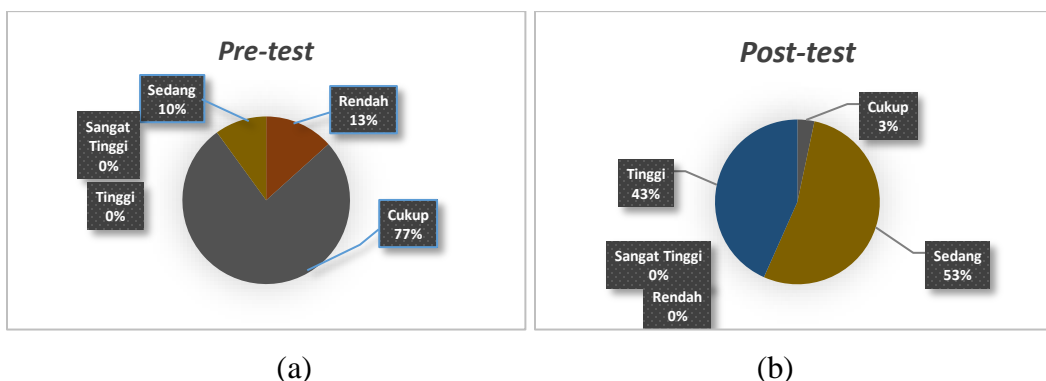
#### d. Uji Keefektifan

##### 1) Ketuntasan Tes Hasil Belajar (THB) mahasiswa

Hasil jawaban yang dikumpulkan mahasiswa didapatkan sejumlah 29 mahasiswa mendapatkan nilai di atas 60. Grafik dan persentase hasil skor *pre-test* dan *post-test* mahasiswa pada kelas penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Grafik skor (a) *pre-test*, dan (b) *post-test*



Gambar 4. Persentase skor (a) *pre-test*, dan (b) *post-test*

Berdasarkan Gambar 4.11, diperoleh hasil data *pre-test* dengan persentase 13% mahasiswa dengan skor  $0 \leq TPS < 40$  dengan kesimpulan tingkat penguasaan rendah, 77% mahasiswa dengan skor  $40 \leq TPS < 60$  dengan kesimpulan tingkat penguasaan cukup, dan 10% dengan skor  $60 \leq TPS < 75$  dengan kesimpulan tingkat penguasaan sedang. Sedangkan hasil *post-test* menunjukkan persentase 3% mahasiswa dengan skor  $40 \leq TPS < 60$  dengan kesimpulan tingkat penguasaan cukup, 53% mahasiswa dengan skor  $60 \leq TPS < 75$  dengan kesimpulan tingkat penguasaan sedang, dan 43% dengan skor  $75 \leq TPS < 90$  dengan kesimpulan tingkat penguasaan tinggi. Oleh karena itu, terdapat 86% mahasiswa tuntas dan telah memenuhi salah satu kriteria suatu perangkat disebut efektif. Jadi, dapat disimpulkan bahwa perangkat yang dikembangkan efektif.

##### 2) Analisis aktivitas mahasiswa

Hasil rekap lembar observasi aktivitas mahasiswa berdasarkan data yang diperoleh didapatkan bahwa persentase skor rata-rata aktivitas mahasiswa sebesar 94,42%. Berdasarkan kriteria keaktifan, mahasiswa tergolong sangat aktif. Hal ini berarti bahwa dua dari tiga syarat sebuah perangkat pembelajaran dikatakan efektif telah terpenuhi.

##### 3) Hasil respon mahasiswa

Hasil rekapitulasi data angket mahasiswa menunjukkan bahwa jawaban positif terendah dengan persentase 84,62% terletak pada pernyataan tentang pemahaman soal yang terdapat pada LKM dan THB. Hal ini disebabkan karena materi yang diberikan belum dipelajari. Selanjutnya, respon positif tertinggi terdapat pada item kebaruan perangkat LKM. Hal ini dikarenakan topik yang dibahas dalam LKM memang tergolong baru bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika, yaitu mengenai *resolving efficient dominating set* dan *spatial temporal graph neural network*. Secara keseluruhan, persentase positif rata-rata pernyataan adalah 94,47%, sedangkan persentase negatifnya adalah 5,53%. Hal ini mengindikasikan bahwa mayoritas mahasiswa memberikan respon positif untuk pembelajaran serta perangkat pembelajaran yang disajikan. Hal ini berarti bahwa ketiga syarat sebuah perangkat pembelajaran dikatakan efektif telah terpenuhi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran RBL-STEM berbasis JSTG dan REDS terbukti valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan konjekturing mahasiswa. Validitas perangkat mencapai skor di atas 85% (Nieveen, 2007), kepraktisan mencapai 94,42%, dan efektivitas ditunjukkan melalui peningkatan ketuntasan hingga 86% (Plomp & Nieveen, 2013). Hasil ini mendukung temuan Dewi & Sari (2021) tentang efektivitas integrasi STEM dalam pembelajaran berbasis riset. Peningkatan kemampuan konjekturing mencerminkan kemampuan mahasiswa dalam mengidentifikasi pola dan membuat generalisasi berbasis data (Widodo, 2019; NCTM, 2000). Topik seperti *resolving efficient dominating set*, ketika dikemas dalam pembelajaran kontekstual, mampu memicu berpikir matematis tingkat tinggi. Integrasi JSTG dan REDS juga memberikan pengalaman belajar berbasis teknologi yang sesuai dengan kebutuhan nyata di bidang pertanian digital (Wu et al., 2020; Chen & Zhao, 2022). Kendati demikian, tantangan dalam memahami konsep JSTG menunjukkan perlunya penyajian visualisasi dan media pendukung yang lebih interaktif (Zhang et al., 2021). Respon positif mahasiswa yang tinggi (94,47%) menunjukkan bahwa pendekatan berbasis riset dan teknologi dapat mendorong keterlibatan aktif dan pemikiran analitis mahasiswa (Izza dkk., 2023).

Penelitian ini berhasil mengembangkan perangkat pembelajaran RBL-STEM yang terintegrasi dengan teknik JSTG dan REDS untuk meningkatkan keterampilan konjekturing mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan prediksi kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik. Perangkat yang dihasilkan telah memenuhi kriteria validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Validasi ahli menunjukkan perangkat berada dalam kategori sangat valid, hasil uji kepraktisan menunjukkan keterlaksanaan yang tinggi dalam proses pembelajaran, dan uji efektivitas menunjukkan peningkatan signifikan kemampuan konjekturing mahasiswa. Dengan demikian, perangkat ini dapat dijadikan sebagai alternatif pembelajaran inovatif yang mampu mendukung pencapaian kompetensi abad 21 dalam pembelajaran matematika berbasis teknologi dan data.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan artikel ini.

## RUJUKAN

- Chen, L., & Zhao, H. (2022). Dominating sets and optimization in graph-based prediction models. *Journal of Computational Intelligence and Systems*, 45(2), 133–148. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2022.02.005>
- Dewi, S. R., & Sari, N. M. (2021). Integrasi pendekatan STEM dalam pembelajaran berbasis riset untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(3), 345–356. <https://doi.org/10.21009/jpsi.v9i3.2021>
- Izza, R. Dafik, Kristiana, A. I., & Mursyidah, I. L. 2023. The Development of RBL-STEM Learning Materials to Improve Students' Combinatorial Thinking Skills in Solving Local ( $a$ ,  $d$ )-edge Antimagic Coloring Problems for Line Motif Batik Design. 4(1). <https://doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.1.571>
- Izza, R. Dafik, Kristiana, A. I., & Mursyidah, I. L. 2023. Research Based Learning and STEM Learning Activities: The Use of Local ( $a,d$ )-edge Antimagic Coloring to Improve the Students Combinatorial Thinking Skills in Solving a Disjoint Union Graph Line Motif Batik Design Problem. 04(02). <https://doi.org/10.25037/cgantjma.v4i2.103>
- NCTM (National Council of Teachers of Mathematics). (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Nieveen, N. (2007). Formative evaluation in educational design research. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *An introduction to educational design research* (pp. 89–102). SLO Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (Eds.). (2013). *Educational design research – Part A: An introduction*. Enschede: Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Rahman, T., & Putra, R. D. (2020). Penerapan kecerdasan buatan dalam sistem hidroponik berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(1), 22–31. <https://doi.org/10.24198/jtp.v21i1.2020>
- Sugiyanto. (2022). Inovasi pembelajaran abad 21 melalui pendekatan STEM dan RBL. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 14(2), 77–85.
- Sumarno, Gimin, R Izza, ZR Ridlo, Dafik, RSD Gita. 2023. The Framework RBL-STEM Learning Activity: Designing Batik Motifs as Local Wisdom Based Crafts Business on a Marketplace in Fostering Students' Digital Marketing Literacy. 04(05). <https://doi.org/10.54660/IJMRGE.2023.4.5.101-109>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Bloomington, IN: Indiana University.
- Widodo, S. A. (2019). Konjekturing dalam pembelajaran matematika sebagai bagian dari kemampuan berpikir matematis. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1), 55–64.

<https://doi.org/10.22342/jpm.v13i1.1234>

- Wu, Z., Pan, S., Chen, F., Long, G., Zhang, C., & Philip, S. Y. (2020). A comprehensive survey on graph neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 32(1), 4–24. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2020.2978386>
- Yafeng Gu., Li Deng. (2022) STAGCN: Spatial–Temporal Attention Graph Convolution Network for Traffic Forecasting. *Mathematics* 10 (9), 1599; <https://doi.org/10.3390/math10091599>
- Zhang, Y., Li, H., & Liu, Q. (2021). Smart farming using AI: Nutrient prediction and plant growth optimization in hydroponics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 185, 106125. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106125>