

BAB VIII

KERANGKA AKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS RISET DENGAN PENDEKATAN STEM: PENERAPAN MATERI *RESOLVING EFFICIENT DOMINATING SET* DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN METAKOGNISI MAHASISWA PADA PENYELESAIAN MASALAH PENEMPATAN LED DI *VERTICAL FARMING*

I Kusumawardani^{1,4*}, Slamir^{2,3,5}, A I Kristiana^{2,3,4}, Dafik^{2,3,4}

¹PT. Sekurindo Bintang Solusi, Surabaya, Indonesia

²Department of Maths Education Postgraduate, Universitas Jember, Indonesia

³CGANT Research Group, Universitas Jember, Indonesia

⁴CEREBEL Research Group, Universitas Jember, Indonesia

⁵Informatics Department, Faculty of Computer Science, Universitas Jember, Indonesia

1. PENDAHULUAN

STEM merupakan suatu pendekatan yang terdiri atas empat disiplin ilmu beserta praktik epistemologisnya. Pendekatan STEM merupakan suatu kombinasi yang sangat tepat antara permasalahan di dunia nyata dengan pembelajaran matematika yang mampu memprovokasi peserta didik untuk menemukan solusi dalam menarik garis dari konsep abstrak masing-masing aspek yaitu *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematic*. Pembelajaran matematika dengan pendekatan STEM dapat melatih peserta didik untuk mengintegrasikan dirinya dalam membangun dan mengembangkan berbagai keterampilan berpikir matematis. Salah satu model pembelajaran dalam matematika yang cukup hangat diperbincangkan pada beberapa tahun terakhir adalah model pembelajaran berbasis riset.

Pembelajaran berbasis riset merupakan suatu pembelajaran yang menekankan pada aktivitas mencari atau menelusuri secara berulang dan kontinu yang mana hal ini dilakukan oleh peserta didik secara individual maupun berkelompok. Salah satu penelitian terkait pembelajaran berbasis riset yaitu meneliti terkait pembelajaran berbasis riset untuk mengembangkan keterampilan

lulusan teknik [8]. Model pembelajaran ini juga dinilai mampu memunculkan berbagai keterampilan berpikir matematis pada peserta didik yang sangat dibutuhkan dalam abad 21, seperti keterampilan berpikir metakognisi.

Keterampilan berpikir metakognisi merupakan salah satu dari beberapa keterampilan berpikir matematis yang dapat membangun keterampilan peserta didik dalam berpikir lebih kritis terhadap segala sesuatu yang dia pikirkan. Keterampilan metakognisi ini mempunyai tiga indikator, yaitu: 1) perencanaan (*planning*); 2) pemantauan (*monitoring*); serta 3) evaluasi (*evaluating*). Cukup banyak penelitian terkait keterampilan metakognisi, salah satunya adalah penelitian terkait relasi antara komputasi, biologi, dan fungsi dengan metakognisi [4]. Penelitian lain yaitu terkait strategi apa yang bisa dilakukan pelajar metakognisi pada pendidikan profesi kesehatan, dan masih banyak lainnya [7]. Keterampilan metakognisi dapat dilatih dan dikembangkan dalam berbagai pembelajaran materi matematika di perkuliahan, salah satunya mata kuliah teori graf. Aplikasi graf menuntut peserta didik untuk dapat menalar dalam pemecahan masalahnya, mencari berbagai alternatif pemecahan masalah dan memberikan alasannya, hingga membuat suatu algoritma pemecahan masalah dalam benak mereka. Beberapa topik dalam aplikasi graf yang cukup digandrungi adalah terkait himpunan dominasi dan himpunan pembeda.

Himpunan dominasi dalam graf memiliki berbagai macam jenis, salah satunya adalah himpunan dominasi efisien yang merupakan himpunan bagian dari titik-titik dalam graf tersebut yang mendominasi seluruh titik dan memiliki sifat bebas dan sempurna. Bebas berarti tidak ada dua titik dalam himpunan itu yang bersebelahan, sedangkan sempurna berarti masing-masing titik yang tidak menjadi basis, hanya terdominasi oleh tepat satu titik yang menjadi basis. Berbagai aplikasi terkait bilangan dominasi dalam kehidupan nyata antara lain pada peletakan pos pantau, pangkalan ojek, peletakan lokasi indomaret, peletakan berbagai jenis senyawa kimia, hingga pada permainan caturpun terdapat konsep himpunan dominasi. Salah satu contoh aplikasinya adalah pada penempatan sensor kebakaran di sebuah gedung dengan banyak kamar. Banyak sensor serta peletakan sensor tersebut akan mengidentifikasi jika terdapat kebakaran terkait kamar yang sebelah mana yang mengalami kebakaran.

Salah satu penelitian mengkolaborasikan antara konsep himpunan dominasi efisien dan himpunan pembeda sehingga menghasilkan suatu konsep baru yaitu himpunan dominasi efisien pembeda pada beberapa graf hasil produk kombinasi [6]. Himpunan dominasi efisien merupakan suatu himpunan bagian dari titik pada graf G yang merupakan himpunan dominasi efisien dari graf tersebut, sekaligus merupakan himpunan pembedanya juga. Kardinalitas minimal dari himpunan dominasi efisien pembeda suatu graf G dinamakan bilangan dominasi efisien pembeda dan dinotasikan dengan $\gamma_{re}(G)$.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah metode kualitatif naratif. Penelitian ini dimulai dari mengumpulkan beberapa literatur untuk direview terkait RBL dan STEM. Termasuk juga eksplorasi terkait dengan problematika STEM. Kemudian dikembangkanlah kerangka sintaksis integrasi RBL-STEM dalam menyelesaikan problematika STEM tersebut. Selanjutnya akan disajikan pula capaian pembelajaran dan tujuannya, dan kemudian termasuk pengembangan indikator dan sub indikator terkait dengan metakognisi. Kemudian penelitian dilanjutkan dengan menguraikan peran empat elemen STEM dalam menyelesaikan problematika di atas. Baru kemudian terakhir adalah mendeskripsikan setiap tahapan RBL lengkap dengan aktivitas pembelajaran, dan yang paling akhir adalah melengkapi indikator dan sub indikator dari metakognisi termasuk di dalamnya adalah menunjukkan instrumen penilaiannya.

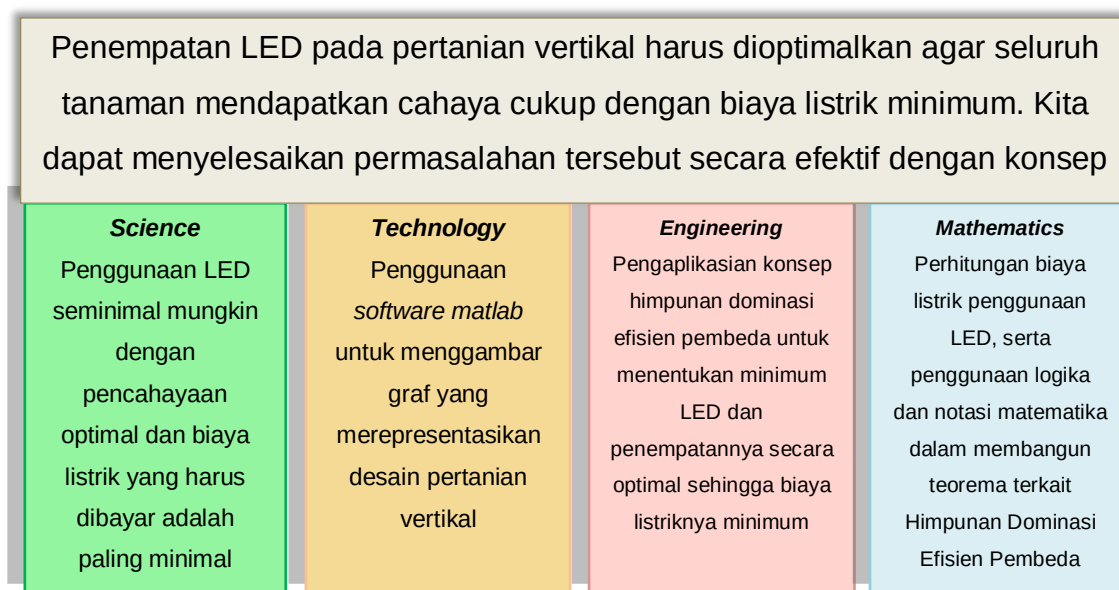
3. HASIL PENELITIAN

3.1. *Sintaksis Pembelajaran Berbasis Penelitian dengan Pendekatan STEM*

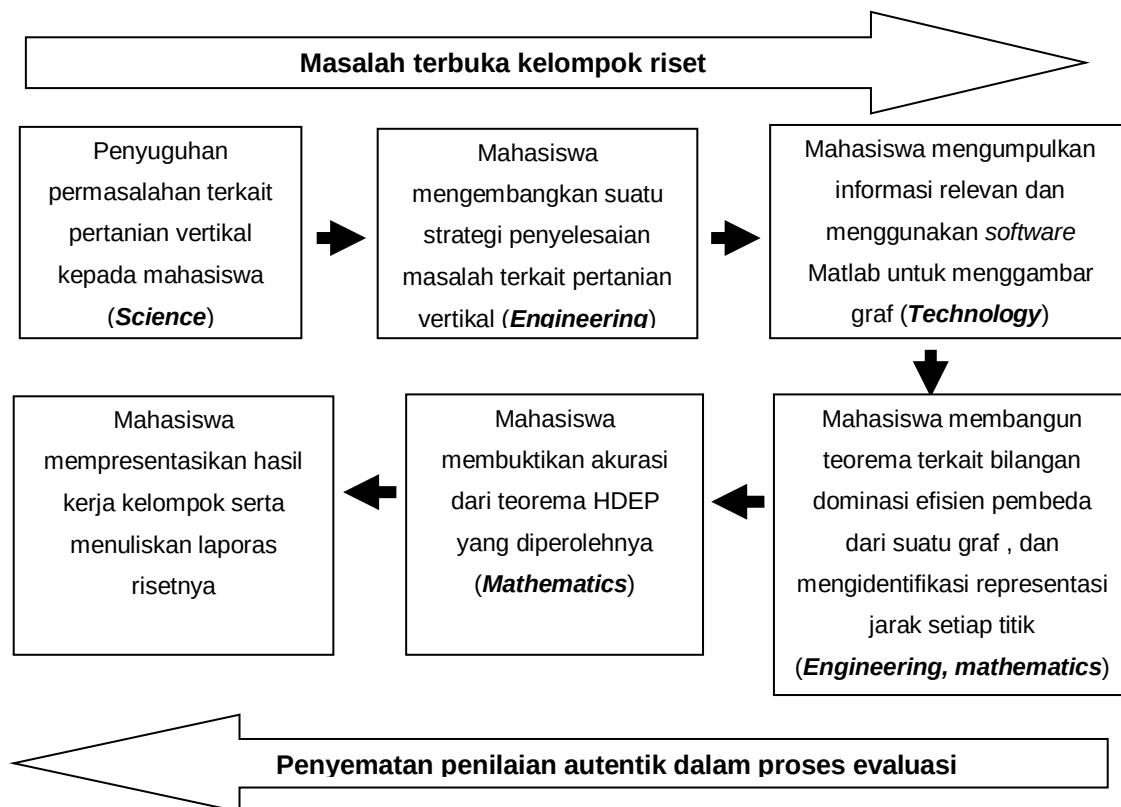
Kerangka sintaksis pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM dalam meningkatkan keterampilan metakognisi mahasiswa menyelesaikan masalah himpunan dominasi efisien pembeda yang dikembangkan dalam penelitian ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh [5]. Permasalahan terkait himpunan dominasi efisien pembeda yang diangkat di sini adalah penempatan lampu LED dalam pertanian vertikal yang membutuhkan strategi agar seluruh tanaman mendapatkan cahaya yang cukup dan biaya listrik yang harus

dibayar adalah yang paling minimum. Tahap awal dalam sintaksis pembelajaran berbasis riset, mahasiswa dibimbing untuk memahami permasalahan yang disajikan, selanjutnya dosen akan memerintahkan mahasiswa untuk membangun suatu strategi penyelesaian terkait masalah yang disajikan [3]. Setelah mahasiswa memberikan berbagai ide dan pendapatnya dalam membangun strategi penyelesaian, mahasiswa dibimbing untuk menelusuri informasi terkait himpunan dominasi efisien pembeda lewat web atau *browser* [1-2]. Setelah mahasiswa mengumpulkan berbagai informasi, dosen membimbing mahasiswa untuk memahami konsep himpunan dominasi efisien pembeda dan mengaplikasikan konsep tersebut dalam membuat solusi terkait permasalahan yang disajikan. Unsur-unsur STEM yang termuat dalam permasalahan penempatan LED pertanian vertikal disajikan pada Gambar 1.

Tahapan-tahapan dalam model pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM yang dikembangkan antara lain yaitu (1) permasalahan terkait penempatan LED dalam pertanian vertikal, (2) pembangunan strategi penyelesaian, (3) pengumpulan data, (4) pengembangan strategi penyelesaian penempatan LED menggunakan konsep himpunan dominasi efisien pembeda, (5) menguji kebenaran dan keakuratan solusi yang telah diperoleh, (6) laporan riset dan observasi keterampilan metakognisi mahasiswa.



Gambar 1. Unsur STEM dalam permasalahan.



Gambar 2. Kerangka PBR-STEM dalam penempatan LED pertanian vertikal.

3.1.1. *Capaian dan Tujuan Pembelajaran Mahasiswa*

Capaian pembelajaran yang diharapkan antara lain mahasiswa mampu mengembangkan graf yang merepresentasikan permasalahan terkait pertanian vertikal menggunakan konsep himpunan dominasi efisien pembeda. Konsep himpunan dominasi efisien pembeda digunakan dalam menentukan penempatan pencahayaan agar biaya listrik yang dibayar adalah yang paling minimum. Mahasiswa dapat melakukan pengujian terhadap hasil atau teorema tentang terkait himpunan dominasi efisien pembeda yang telah diperolehnya secara umum dengan menggunakan pendekatan analitik dan kualitatif. Pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM ini bertujuan untuk mendorong mahasiswa untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilannya dalam bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika.

a) Aspek sains. Mahasiswa diharapkan untuk :

- Memahami permasalahan penempatan pencahayaan dalam pertanian vertikal untuk meminimumkan biaya listrik

- Menentukan aplikasi lain dari himpunan dominasi efisien pembeda dalam
- Menganalisis strategi penyelesaian terkait penempatan pencahayaan dalam pertanian vertikal untuk mendapatkan biaya listrik minimum.

b) Aspek teknologi. Mahasiswa diharapkan untuk :

- Menggunakan browser untuk mengidentifikasi konsep himpunan dominasi efisien pembeda
- Menggunakan berbagai sumber rujukan dalam jaringan seperti researchgate, library genesis, scopus, google scholar dan lain sebagainya untuk menemukan penelitian-penelitian terkait himpunan dominasi efisien pembeda sebelumnya.
- Menggunakan *software* matlab untuk menggambar graf yang merepresentasikan dari ilustrasi pertanian vertikal beserta penempatan pencahayaannya.

c) Aspek teknik. Mahasiswa diharapkan untuk :

- Mengembangkan suatu himpunan dominasi efisien pembeda berdasarkan permasalahan penempatan pencahayaan pada pertanian vertikal yang disajikan.
- Mengaplikasikan konsep himpunan dominasi efisien pembeda dalam menempatkan LED sedemikian hingga cahaya yang didapat setiap tanaman optimal serta iaya listrik yang harus dibayar minimum

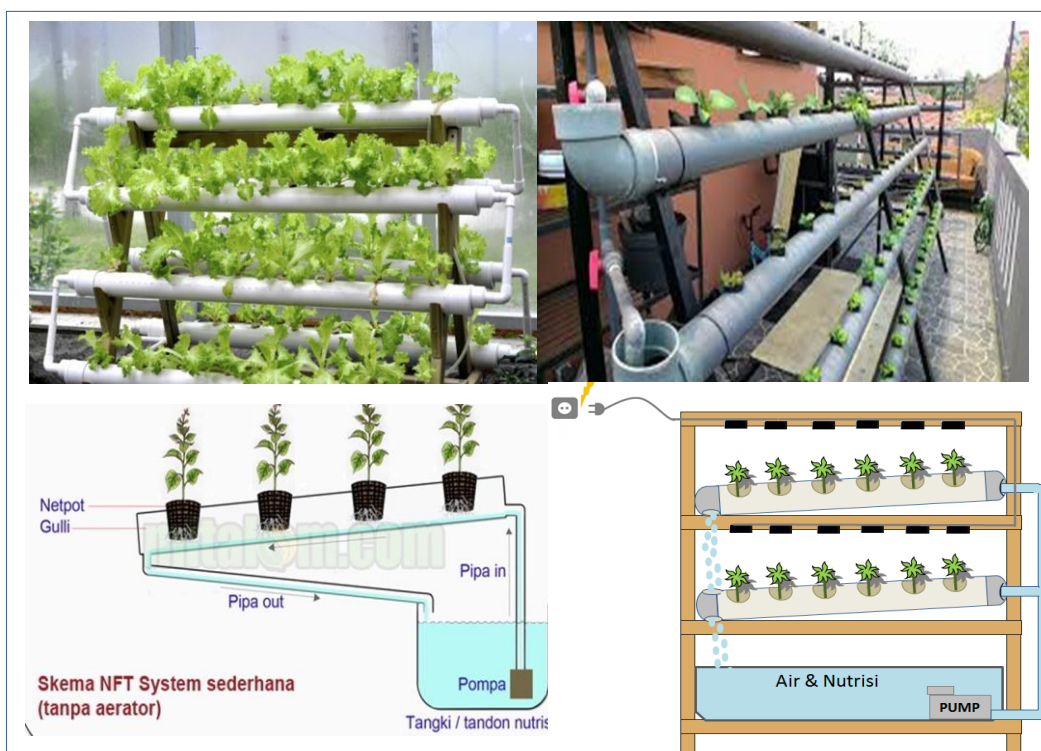
d) Aspek matematika. Mahasiswa diharapkan untuk :

- Mengembangkan teorema himpunan dominasi efisien pembeda dari suatu graf
- Menentukan pola representasi setiap titik dalam graf secara general menggunakan deret aritmatika bertingkat, fungsi *floor* dan *ceiling* dengan pendekatan analitik
- Menggunakan *software* matlab untuk mengembangkan pemrograman dalam menggambar graf.

3.1.2. ***Penempatan LED dalam Pertanian Vertikal Menggunakan Konsep Himpunan Dominasi Efisien Pembeda***

a. Aspek sains (*science*) dalam permasalahan

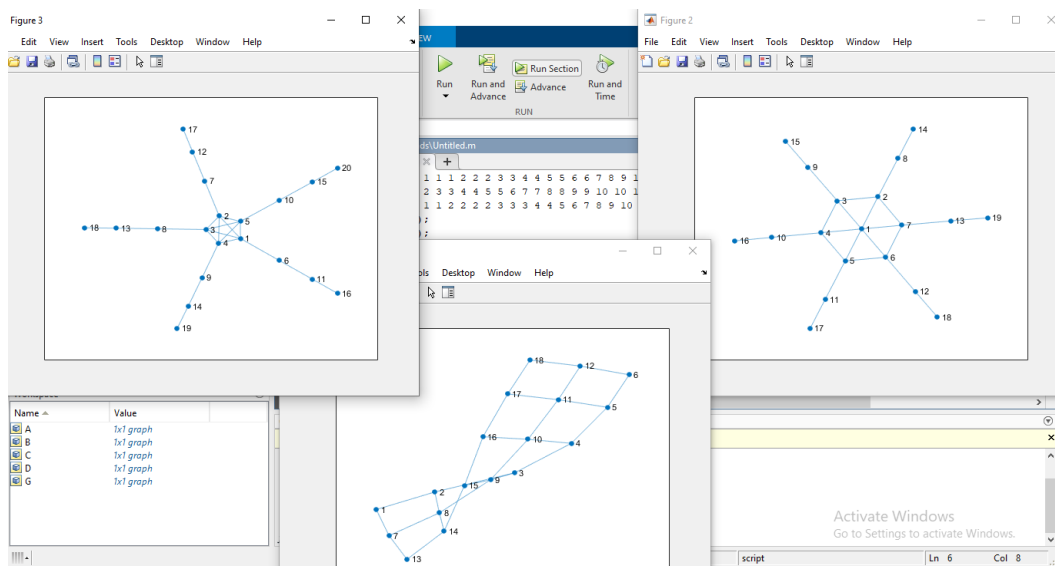
Pertanian vertikal adalah salah satu jenis *urban farming* yang sangat diminati oleh masyarakat pada era pandemi telah membuat banyak perubahan pada bidang pendidikan, ekonomi dan lain-lain. Sejak *lockdown*, minat masyarakat untuk menanam buah dan sayuran di rumah melonjak. Oleh karena itu, banyak reformasi yang dilakukan untuk dapat beradaptasi dengan situasi pandemi. Pertanian vertikal adalah jenis *urban farming* yang memungkinkan bunga, sayur dan buah ditanam di lingkungan yang sangat terkontrol yang lebih dekat ke perkotaan, bebas dari hama, dan menghasilkan panen yang lebih sering. Metode penanaman dalam pertanian vertikal yang cukup digemari adalah hidroponik, yaitu dengan mengalirkan air sebagai media tanam utama sebagai pengganti tanah. Beberapa komponen yang diperhatikan dalam pertanian vertikal, adalah luas area/tanaman, pencahayaan, sistem irigasi dan pemupukan. Pengoptimalan dalam menempatkan pencahayaan dengan memperhatikan luas area/tanaman, daya lampu, dan cakupan daya dalam satu area tanaman dapat meminimalisasi pengeluaran biaya listrik. Unsur *science* ini diklasifikasikan ke dalam kategori *construction & design*.



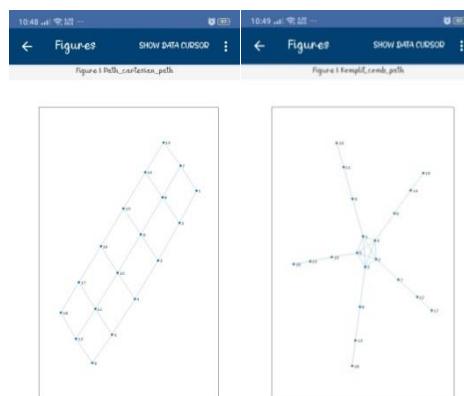
Gambar 3. Contoh pertanian vertikal dan ilustrasinya.

b. Aspek teknologi (*technology*) dalam permasalahan

Teknologi yang digunakan berupa *software* matlab untuk komputer/laptop dan untuk *smartphone*. *Software* matlab ini dapat diunduh dari aplikasi playstore di *smartphone* masing-masing mahasiswa. Mahasiswa diarahkan untuk membuat *script* baru. Input yang dituliskan oleh mahasiswa adalah keterhubungan antar titik dalam graf. Selanjutnya, mahasiswa menggunakan suatu perintah “plot”, “subplot” dan “figure” untuk menghasilkan output berupa gambar graf yang sesuai dengan input. Output matlab gambar graf pada laptop/pc disajikan pada Gambar 4, sedangkan output matlab gambar graf pada *smartphone* disajikan pada Gambar 5.



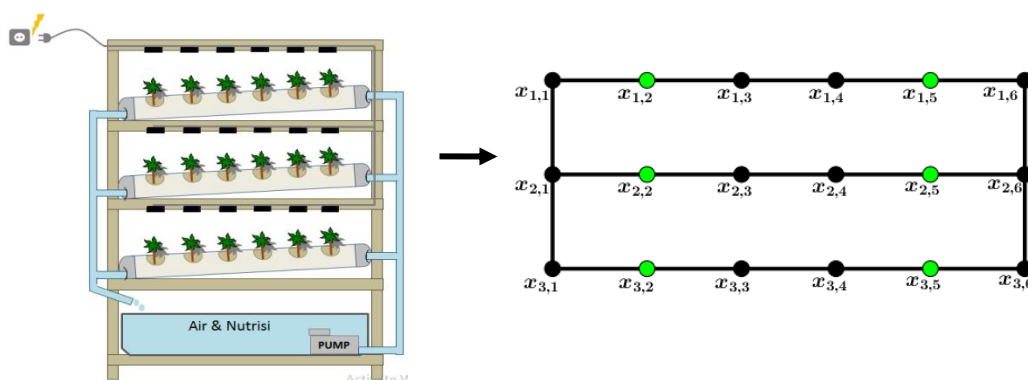
Gambar 4. Penggunaan *software* matlab di pc/ laptop.



Gambar 5. Penggunaan *software* matlab di *smartphone*.

c. Aspek teknik (*engineering*) dalam permasalahan

Unsur *engineering* dalam hal ini merupakan teknik atau cara yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penempatan LED pada pertanian vertikal yaitu menggunakan konsep himpunan dominasi efisien pembeda. Suatu desain pertanian vertikal akan direpresentasikan ke dalam suatu graf. Satu area tanaman akan direpresentasikan sebagai suatu titik, pipa yang menghubungkan antar tanaman akan direpresentasikan sebagai suatu sisi yang bersesuaian. Himpunan dominasi efisien pembeda akan diinterpretasikan sebagai lampu LED yang ditempatkan di atas tanaman. Posisi antar lampu LED berjarak sejumlah tiga tanaman. Hal ini berdasarkan konsep himpunan dominasi efisien pembeda bahwa setiap titik dalam suatu graf hanya didominasi oleh tepat satu anggota himpunan dominasi efisien pembeda. Ilustrasi dari graf dan representasi dari penempatan LED sebagai himpunan dominasi efisien pembeda disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Representasi pertanian vertikal ke dalam suatu graf.

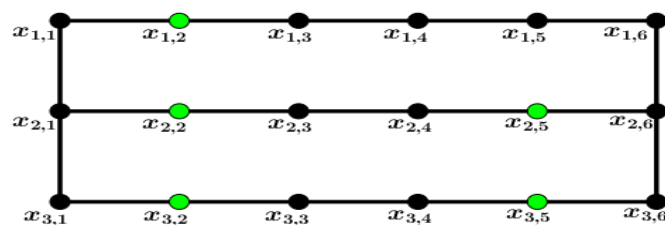
Adapun algoritma dalam menentukan himpunan dominasi efisien pembeda suatu graf antara lain yaitu (1) lihat diameter graf, jika diameternya sama dengan 2 maka graf tersebut tidak memiliki HDEP, (2) menentukan himpunan titik, himpunan sisi, order, dan size dari suatu graf, (3) menentukan himpunan dominasi efisien pada graf dengan memilih suatu titik sebagai dominator, kemudian titik lainnya yang berjarak 3 dari titik yang telah dipilih sebelumnya sebagai dominator lainnya, dengan memperhatikan syarat bahwa setiap titik dalam graf tersebut hanya didominasi oleh satu dominator, (4) menentukan representasi dari setiap titik terhadap himpunan dominasi efisien pembeda, jika memenuhi representasi setiap titik berbeda, maka memenuhi kriteria himpunan pembeda dan dilanjutkan dengan menguji apakah himpunan yang dipilih

merupakan himpunan dominasi efisien pembeda dengan kardinalitas paling minimum, (5) jika terdapat dua titik yang memiliki representasi jarak sama, maka mengulangi kegiatan dengan mencari kembali himpunan dominasi efisien lainnya, lalu mengui kembali representasinya hingga dipenuhi kedua kriteria yaitu himpunan dominasi efisien dan himpunan pembeda.

d. Aspek matematika (*mathematics*) dalam permasalahan

Unsur matematika dalam menyelesaikan permasalahan terkait penempatan LED menggunakan konsep himpunan dominasi efisien pembeda antara lain perhitungan biaya listrik, penggunaan konsep barisan, pola bilangan serta fungsi *ceiling* dan *floor* dalam menemukan teorema terkait bilangan dominasi efisien pembeda, dan terakhir dalam pembuktian bahwa himpunan dominasi efisien pembeda yang ditemukan adalah himpunan dengan kardinalitas minimum.

Logika matematika yang digunakan adalah konsep kontradiksi yaitu dalam membuktikan batas bawah bilangan himpunan dominasi efisien pembeda yang telah ditemukan. Berdasarkan graf pada Gambar 6, kita menemukan bahwa bilangan dominasi efisien pembeda pada graf $P_6 \times P_3$ adalah 6. Kita akan membuktikan 6 adalah bilangan dominasi efisien pembeda dengan kardinalitas minimum, sehingga kita membuat suatu pengandaian bahwa bilangan dominasi efisien pembeda kurang dari 6. Kita ambil bilangan bulat pertama yang kurang dari 6 yaitu 5. Kemudian kita menempatkan himpunan dominasi efisien pembeda dengan kardinalitas 5 tersebut pada graf dan hasilnya terdapat tiga titik yang tidak terdominasi yaitu titik $x_{1,4}$, $x_{1,5}$ dan $x_{1,6}$ pada Gambar 7.



Gambar 7. Unsur STEM dalam permasalahan.

Hal ini bertentangan dengan konsep himpunan dominasi efisien, maka bilangan dominasi efisien pembeda sama dengan 5 tersebut gagal atau tidak

memenuhi kriteria himpunan dominasi efisien pembeda. Maka dari itu, himpunan dominasi efisien pembeda dengan kardinalitas minimum sama dengan 6. Dengan demikian, andaikan ruangan yang kita miliki mampu menampung pertanian vertikal dengan desain seperti pada Gambar 5.6 sejumlah 30 dengan biaya listrik Rp 1.467,00 per kWh dan daya LED adalah 45 Watt, maka kita dapat menghitung total LED yang digunakan yaitu 180 buah. Jika LED harus hidup selama 5 jam sehari, maka daya seluruh LED adalah $180 \times 45 \times 5 = 40500 \text{ Watt}$ atau sama dengan 40,5 kWh. Sehingga biaya listrik yang harus ditanggung selama sehari adalah $40,5 \times \text{Rp } 1.467,00 = \text{Rp } 59.413$.

3.1.3. *Aktivitas Pembelajaran Berbasis Riset dengan Pendekatan STEM pada Himpunan Dominasi Efisien Pembeda*

Aktivitas pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM pada materi himpunan dominasi efisien pembeda dijelaskan secara lebih rinci. Berdasarkan Gambar 5.2, langkah pertama adalah mengajukan permasalahan dasar berhubungan dengan penempatan LED dalam pertanian vertikal. Penempatan LED harus teratur dan efisien dengan jarak antar LED adalah sejumlah 3 tanaman. Mahasiswa diajak untuk memahami apa inti dari permasalahan yang diajukan.

1. Tahap pertama dalam penyuguhan masalah terkait penempatan LED dalam pertanian vertikal. Kita akan mengajak dan membimbing mahasiswa untuk memikirkan bagaimana cara peletakan LED dalam pertanian vertikal dengan memperhatikan daya LED, cakupan cahaya satu LED, dan luas area penanaman satu tanaman. Penjelasan yang lebih detail dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 1.

Tahap Pertama	Aktivitas Pembelajaran
(1) Penyuguhan permasalahan terkait pertanian vertikal kepada mahasiswa (Science)	1. Dosen bertanya kepada mahasiswa apakah pernah mengetahui pertanian vertikal
	2. Dosen memberi gambaran desain pertanian vertikal yang membutuhkan pencahayaan, lalu bertanya kepada mahasiswa apakah mereka memahami inti permasalahan
	3. Dosen memerintahkan mahasiswa untuk menuliskan informasi apa saja yang dirasa

Tahap Pertama	Aktivitas Pembelajaran
	penting untuk menyelesaikan permasalahan yang diajukan

2. Tahap kedua yaitu mengembangkan solusi terkait penggunaan konsep himpunan dominasi efisien pembeda dalam menempatkan LED di pertanian vertikal. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan keterampilan metakognisi dalam menyelesaikan permasalahan yang disajikan. Selanjutnya, dosen meminta mahasiswa untuk mengidentifikasi himpunan dominasi efisien pembeda pada beberapa graf sederhana. Penjelasan yang lebih detail dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 2.

Tahap Kedua	Aktivitas Pembelajaran
(2) Mahasiswa mengembangkan suatu strategi penyelesaian masalah terkait pertanian vertikal (<i>Engineering</i>)	1. Dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menemukan strategi penempatan LED seoptimal mungkin 2. Dosen membimbing mahasiswa berdiskusi solusi penempatan LED menggunakan konsep himpunan dominasi efisien pembeda dari suatu graf 3. Dosen menjelaskan kepada mahasiswa bagaimana untuk menempatkan LED pada pertanian vertikal dengan cara merepresentasikannya ke dalam sebuah graf 4. Mahasiswa diperintah untuk menemukan himpunan dominasi efisien pembeda dari suatu graf sederhana dengan order kurang dari 20

3. Tahap ketiga yaitu penggunaan *software* Matlab di komputer/laptop maupun di *smartphone* untuk menggambar graf. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 3 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 3.

Tahap Ketiga	Aktivitas Pembelajaran
(3) Mahasiswa mengumpulkan informasi relevan dan menggunakan <i>software</i> Matlab untuk menggambar graf (<i>Technology</i>)	1. Dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengumpulkan informasi relevan tentang himpunan dominasi efisien pembeda dari berbagai sumber rujukan seperti <i>Library Genesis</i>, <i>Google Scholar</i>, <i>Research Gate</i>, dll. 2. Mahasiswa menelusuri hasil-hasil penelitian tentang himpunan dominasi efisien pembeda yang telah ada sebelumnya dari berbagai

Tahap Ketiga	Aktivitas Pembelajaran
	sumber rujukan
	3. Dosen membimbing mahasiswa untuk mendownload <i>software</i> MatLab melalui <i>smartphone</i> dan menjelaskan bagaimana cara menggunakannya untuk menggambar suatu graf

4. Tahap keempat yaitu pembangunan teorema bilangan dominasi efisien pembeda pada graf-graf yang belum ditemukan himpunan dominasi efisien pembeda sebelumnya. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 4 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 4.

Tahap Keempat	Aktivitas Pembelajaran
(4) Mahasiswa membangun teorema terkait bilangan dominasi efisien pembeda dari suatu graf, dan mengidentifikasi representasi jarak setiap titik (<i>Engineering, mathematics</i>)	1. Mahasiswa memilih suatu graf dan mengecek ada atau tidaknya himpunan dominasi efisien pembeda pada graf tersebut 2. Mahasiswa memilih suatu graf dan menentukan himpunan dominasi efisien pembedanya 3. Mahasiswa mengecek apakah bilangan dominasi efisien pembeda yang ditemukan sudah minimum untuk beberapa graf yang diekspansi hingga order ke-10 4. Mahasiswa melakukan generalisasi bilangan dominasi efisien pembeda pada graf yang diekspansi hingga order ke- n 5. Mahasiswa mengidentifikasi representasi jarak setiap titik pada graf yang diekspansi hingga order ke-10 6. Mahasiswa menuliskan teorema bilangan dominasi efisien pembeda berdasarkan observasi yang telah dilakukannya

5. Tahap kelima yaitu pembuktian akurasi teorema bilangan dominasi efisien pembeda yang telah dibangun sebelumnya. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 5 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 5.

Tahap Kelima	Aktivitas Pembelajaran
(5) Mahasiswa membuktikan akurasi dari teorema bilangan dominasi efisien pembeda yang telah diperolehnya	1. Mahasiswa mengidentifikasi himpunan titik, himpunan sisi, order dan size dari graf yang dipilih. 2. Mahasiswa membuktikan batas atas dari teorema yang dituliskannya menggunakan representasi jarak setiap titik dengan melakukan

Tahap Kelima (<i>Mathematics</i>)	Aktivitas Pembelajaran
	pengecekan bahwa semua titik memiliki representasi jarak yang berbeda
	3. Mahasiswa membuktikan batas bawah dari teorema yang ditulisnya menggunakan kontradiksi
	4. Membuat tabel representasi jarak setiap titik dalam graf secara general
	5. Mahasiswa mengambil satu order tertentu dari graf yang dipilih, untuk mengilustrasikan himpunan dominasi efisien pembedanya

6. Tahap keenam yaitu presentasi hasil pekerjaan kelompok dan penulisan laporan riset yang berupa hal-hal penting yang telah dipelajari dari awal hingga akhir pembelajaran, hal-hal yang menjadi suatu patokan terkait himpunan dominasi efisien pembeda. Penjelasan lebih rinci terkait tahap 6 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 6.

Tahap Keenam	Aktivitas Pembelajaran
(6) Mahasiswa melakukan presentasi hasil kerja kelompok dan menuliskan laporan risetnya (<i>Mathematics</i>)	1. Mahasiswa menuliskan algoritma untuk menentukan himpunan dominasi efisien pembeda dari suatu graf
	2. Mahasiswa menuliskan hal-hal hasil refleksinya terhadap kajian himpunan dominasi efisien pembeda
	3. Mahasiswa mempresentasikan hasil kerja kelompok dalam ruang utama <i>zoom meeting</i> dan berdiskusi bersama seluruh anggota kelas
	4. Dosen mengevaluasi dan mengklarifikasi hasil kerja dan laporan riset mahasiswa
	5. Dosen melakukan observasi dan analisis terhadap keterampilan metakognisi mahasiswa menggunakan tes keterampilan metakognisi

3.1.4. *Kerangka Instrumen Penilaian Kemampuan Kombinatorial Mahasiswa*

Berikut merupakan kerangka penilaian instrumen kemampuan kombinatorial mahasiswa, dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kerangka instrumen penilaian kemampuan kombinatorial.

Tahapan	Sub-Indikator	Materi Uji
1. Perencanaan	a. Menuliskan kembali permasalahan menggunakan	a. Uraikan mengapa dibutuhkan cara penempatan LED di <i>vertical farming</i>

Tahapan	Sub-Indikator	Materi Uji
	bahasa sendiri b. Mengidentifikasi informasi dari permasalahan c. Memiliki ide serta mampu menyeleksi strategi yang hendak digunakan	b. Identifikasi informasi mengenai penempatan LED di <i>vertical farming</i> c. Seleksi cara penempatan LED di <i>vertical farming</i> dengan menggunakan materi <i>resolving efficient dominating set</i>
2. Pemantauan	a. Menjelaskan keseluruhan terkait apa yang dia tuliskan b. Mengetahui letak kesalahannya dan mampu memperbaikinya	a. Jelaskan pengaplikasian materi <i>resolving efficient dominating set</i> pada penempatan LED di <i>vertical farming</i>
3. Evaluasi	a. Melakukan pengecekan terhadap penyelesaian b. Melakukan refleksi terhadap proses penyelesaian masalah	a. Lakukan pengecekan pada pola <i>resolving efficient dominating set</i> yang telah dibuat b. Lakukan refleksi pada penyelesaian masalah penempatan LED di <i>vertical farming</i> menggunakan topik <i>resolving efficient dominating set</i>

3.1.5. *Tindak Lanjut Pengembangan Perangkat Pembelajaran*

Untuk tahap pengembangan perangkat pembelajaran, akan digunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang dikembangkan oleh Raiser dan Mollenda. Model ini terdiri dari analisis, merancang, mengembangkan, implementasi dan evaluasi. Pertama: Tahap analisis yaitu menganalisis karakteristik mahasiswa, materi dan proses pembelajaran, serta media pembelajaran yang akan digunakan. Kedua: Tahap perancangan adalah merancang integrasi model RBL ke dalam pendekatan STEM. Pada tahap ini, bahan ajar yaitu silabus, RPP, LKPD, *pre-test*, *post-test*, dan instrumen penilaian lainnya, disiapkan oleh peneliti. Ketiga: Tahap pengembangan, yaitu uji coba bahan ajar dan instrumen untuk mengecek keabsahan bahan ajar serta kepraktisan. Hasil validasi berupa validitas isi, validitas format, validitas bahasa, dan tingkat kepraktisan. Keempat: Tahap implementasi untuk mengetahui keefektifan bahan ajar RBL-STEM dalam

meningkatkan metakognisi mahasiswa dalam menyelesaikan masalah penempatan LED di *vertical farming* dengan menggunakan materi *resolving efficient dominating set* pada graf. Kelima: Tahap evaluasi merupakan kegiatan refleksi untuk menilai apakah penerapan materi pembelajaran model RBL dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan metakognisi mahasiswa dalam menyelesaikan masalah penempatan LED di *vertical farming* dengan menggunakan materi *resolving efficient dominating set* pada graf. Pada tahap ini, penggunaan statistik inferensial sangat dibutuhkan.

4. PEMBAHASAN

Pengembangan kerangka kerja kegiatan pembelajaran RBL-STEM dalam menyelesaikan masalah penempatan LED di *vertical farming* dengan menggunakan materi *resolving efficient dominating set* dari graf untuk meningkatkan metakognisi mahasiswa sangat bermanfaat untuk dipelajari. Hasil ini menjadi pedoman dalam melakukan penelitian lanjutan. Setidaknya ada dua kegiatan penelitian lagi yang dapat dilakukan lebih lanjut, yaitu: (1) mengembangkan materi pembelajaran RBL-STEM dengan model pengembangan ADDIE, (2) Menganalisis implementasi materi pembelajaran RBL-STEM dalam meningkatkan metakognisi mahasiswa untuk menyelesaikan masalah penempatan LED di *vertical farming* dengan menggunakan materi *resolving efficient dominating set* pada graf. Kerangka kegiatan pembelajaran kombinasi RBL-STEM sangat efektif dalam mewujudkan metakognisi mahasiswa apabila diterapkan dalam kelas pembelajaran, hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dipaparkan pada [7].

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini telah menggambarkan bagaimana sintaksis RBL yang terintegrasi dengan pendekatan STEM. Hasil utama adalah kerangka aktivitas pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM: penerapan teknik *resolving efficient dominating set* dalam penyelesaian masalah penempatan LED di *vertical farming* untuk meningkatkan metakognisi mahasiswa yang berupa tahapan 1-6 dan kegiatan pembelajarannya. Termasuk dalam hasil penelitian ini

adalah mengembangkan kerangka instrumen tes terkait dengan metakognisi mahasiswa. Dengan hasil penelitian ini, maka penelitian lanjutan terkait pengembangan perangkat dan analisis implementasi RBL-STEM dapat dengan mudah dilakukan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh hibah Riset Keilmuan, LPDP-Indonesia Tahun 2021-2022 dan kelompok riset CEREBEL serta CGANT. Oleh karena itu, disampaikan terima kasih atas dukungan dan bantuannya dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., dan Koehler, C. M. 2012. What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*. 112(1): 3-11.
- [2] Chartrand, G., Haynes, T. W., Henning, M. A., dan Zhang, P. 2019. *From Domination to Coloring: Stephen Hedetniemi's Graph Theory and Beyond*. Springer Nature.
- [3] Dafik, Anggraeni, dan Tirta I. M. 2019. The analysis of the application of discovery learning in improving students' combinatorial thinking skill to solve super antimagic face coloring problem. *Journal of Physics*. 1-15.
- [4] Fleming, S. M., Dolan, R. J., dan Frith, C. D. 2012. Metacognition: computation, biology and function.
- [5] Gita, R. S. D., dan Waluyo, J. 2021. On the shrimp skin chitosan STEM education research-based learning activities: obtaining an alternative natural preservative for processed meat. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 747(1): 012123. IOP Publishing.
- [6] Hakim, R. A., Tirta, I. M., Prihandini, R. M., dan Agustin, I. H. 2021. On resolving efficient domination number of comb product of special graphs. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1832(1): 012018. IOP Publishing.
- [7] Medina, M. S., Castleberry, A. N., dan Persky, A. M. 2017. Strategies for improving learner metacognition in health professional education. *American Journal of Pharmaceutical Education*. 81(4).

- [8] Singh, R., Herrmann, C., Thiede, S., dan Sangwan, K. S. 2019. based Learning for Skill Development of Engineering Graduates: An empirical study. *Procedia Manufacturing*. 31: 323-329.

TENTANG PENULIS



Penulis utama buku monograf ini adalah Intan Kusumawardani. Penulis lahir di Kota Jember, Provinsi Jawa Timur pada tanggal 26 Oktober 1998. Penulis mulai menyelesaikan pendidikan formalnya pada tahun 2003 sampai tahun 2010 di SD Negeri Pakis 01. Kemudian melanjutkan pendidikannya ke SMP Negeri 01 Rambipuji mulai tahun 2010 sampai 2013. Penulis mengenyam pendidikan di jenjang yang lebih tinggi pada tahun 2013 hingga 2016 di SMA Negeri 01 Jember, lalu meneruskan ke perguruan tinggi tingkat Strata I di Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember sebagai mahasiswa angkatan 2016 dan lulus pada tahun 2020. Setelah mendapat gelar sarjana, pada tahun 2020 penulis berkesempatan melanjutkan studinya di Program Studi Magister Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Email: azuraintan18@gmail.com.



Penulis kedua dari buku monograf ini adalah Slamin. Penulis lahir di Pamekasan, 20 April 1967. Penulis mengenyam pendidikan formal pertamanya di SD Negeri 02 Galis Pamekasan dan lulus pada tahun 1980. Penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 01 Larangan dan lulus pada tahun 1983. Penulis lulus dari SMA Negeri 01 Pamekasan pada tahun 1986. Penulis mengenyam pendidikan tingkat strata I di Program Studi Matematika FKIP Universitas Jember dan lulus pada tahun 1991, lalu melanjutkan studinya di Newcastle University Australia dan berhasil mendapatkan gelar Master of Computer Science (M.Comp.Sc.) pada tahun 1998. Penulis berkesempatan mengikuti program Doktor (S3) di Newcastle University Australia dengan beasiswa HEP-ADB dan berhasil meraih gelar Doctor of Philosophy (Ph.D.) pada tahun 2002. Penulis kembali ke Universitas Negeri Jember sebagai dosen pendidikan matematika bidang teori graf di Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan dan juga sebagai dosen di Fakultas Ilmu Komputer. Saat ini, penulis menjabat sebagai wakil rektor I Universitas Jember. Penulis juga merupakan Presiden Indonesian Combinatorics Society (InaCombs).

Email : slamin@unej.ac.id.



Penulis ketiga dari buku ini adalah Arika Indah Kristiana. Penulis lahir pada 02 Mei 1976. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat strata I di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 1998 dan mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada tahun 2001. Penulis kemudian melanjutkan studinya di Universitas Negeri Malang pada tahun 2009 dan berhasil mendapatkan gelar Magister Pendidikan (M.Pd.) pada tahun 2011. Penulis berkesempatan untuk melanjutkan kuliah program Doktor (S3) di Universitas Airlangga dan mendapatkan gelar Doktor (Dr.) pada tahun 2019. Penulis juga dianugerahi gelar (CIQnR.) Certified International Quantitative Research dan (CIQaR.) Certified International Qualitative Research pada tahun 2021. Penulis merupakan dosen di Program Studi Magister Pendidikan Matematika Universitas Jember.

Email : arika.fkip@unej.ac.id.



Penulis keempat dari buku monograf ini adalah Dafik. Penulis lahir di Situbondo, 02 Agustus 1968. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat strata I di Program Studi Matematika FKIP Universitas Jember dan mendapatkan gelar Doktorandus (Dr.) pada tahun 1992. Kemudian penulis melanjutkan studinya di UMIST (University of Manchester Institute of Science and Technology) Manchester, UK bidang keahlian komputasi numeric pada tahun 1996 dan berhasil meraih gelar Master of Science (M.Sc.) pada tahun 1998. Pada tahun 2004, penulis berkesempatan melanjutkan studinya ke program Doktor (S3) di School of Information and Technology and Mathematical Science, University of Ballarat, Victoria, Australia. Penulis dianugerahi gelar Doctor of Philosophy (Ph.D.) pada tahun 2007. Penulis kembali ke Universitas Negeri Jember sebagai dosen pendidikan matematika bidang di Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.

Email : d.dafik@unej.ac.id.