

BAB XIII

AKTIVITAS PEMBELAJARAN RBL DENGAN PENDEKATAN STEAM: PEMANFAATAN SMART SENSOR SEBAGAI *WATERING TIME SIGN* MENGUNAKAN *MACHINE LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN LITERASI PERUBAHAN IKLIM PESERTA DIDIK

M Anwarudin¹, T D Prastiti⁵, Idha Novianti⁵, Endang Wahyuningrum⁵, Dafik^{2,3},
Z R Ridlo^{3,4}

¹Public Elementary School 1 Kalianget, Situbondo, Indonesia

²Department of Mathematics Education, Universitas Jember, Indonesia

³PUI-PT Combinatorics and Graph, CGANT-Universitas Jember, Indonesia

⁴Department of Sciences Education, Universitas Jember, Indonesia

⁵ Department of Mathematics Education, Universitas Terbuka, Indonesia

*corresponding author: muhammadanwarudin45@guru.sd.belajar.id

1. PENDAHULUAN

Kurikulum merdeka memberikan keleluasaan dalam menciptakan pembelajaran berkualitas sesuai kebutuhan dan lingkungan belajar peserta didik. Kurikulum ini memberikan penekanan pada pengembangan *soft skills* serta pencapaian profil pelajar Pancasila. Materi esensial dirancang secara mendalam untuk membangun kreativitas dan inovasi peserta didik. Pembelajaran yang fleksibel didukung dengan pemetaan kesiapan belajar serta materi akan semakin meningkatkan potensi literasi peserta didik.

Perubahan rancangan dan strategi implementasi kurikulum yang dilaksanakan secara komprehensif penting dilakukan untuk peningkatan efektivitas pembelajaran. Karakteristik pembelajaran difokuskan pada konsep-konsep esensial didukung dengan kolaborasi yang menghadirkan konteks-konteks nyata. Tujuan pembelajaran ditentukan secara mandiri dan fleksibel oleh guru dari dokumen capaian pembelajaran semakin mengakomodasi kebutuhan peserta didik sesuai kondisi sekolah dalam meningkatkan minat literasinya.

Upaya kementerian pendidikan untuk memperbaiki layanan pendidikan sudah selayaknya kita sambut dengan aksi-aksi nyata lanjutan. Dalam penelitian ini, upaya guru dalam mewujudkan visi kementerian pendidikan dilakukan dengan

penerapan aktivitas pembelajaran RBL (*Research-Based Learning*). Hal ini dilakukan sekaligus sebagai pembiasaan bagi peserta didik untuk berpikir ilmiah. Aktivitas pembelajaran RBL akan semakin memberikan kebermaknaannya dengan sentuhan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*). Sedangkan karakteristik dan kondisi sekolah diarahkan pada peningkatan literasi peserta didik dalam merespon perubahan iklim.

Memahami secara lebih mendalam mengenai materi pembelajaran tentu akan lebih mudah dilakukan dengan lebih memperhatikan proses pembelajarannya. Salah satu model pembelajaran yang menekankan pada proses adalah model pembelajaran RBL (*Research-Based Learning*). Sota dan Peltzer dalam [20] menyampaikan bahwa RBL adalah salah satu teknik pembelajaran berbasis penelitian yang tidak hanya meningkatkan ranah kognitif dan kemampuan berpikir, namun juga mengakomodasi peningkatan kreativitas peserta didik. RBL menekankan pada kontekstualitas, otentik, pemecahan masalah, pembelajaran langsung serta inkuiri [5].

Terkait dengan interaksi yang terjadi dalam proses pembelajaran, RBL memberikan ruang bagi peserta didik untuk menemukan solusi atas permasalahan dari berbagai sudut pandang. Tentunya peran guru apalagi pada jenjang sekolah dasar masih belum bisa ditarik secara radikal, namun masih harus tetap memberikan dampingan. Lebih lanjut, [5] juga menegaskan bahwa dalam proses belajar, peserta didik hendaknya diarahkan pada kemampuan berpikir tingkat tinggi berupa kombinasi antara kreasi dan komunikasi.

Mendalami terkait dengan proses pembelajaran di era kemajuan jaman saat ini, hendaknya mampu memberikan dampak positifnya terutama dalam kehidupan sehari-hari peserta didik. Selain mampu meningkatkan kualitas kemampuan berpikir peserta didik, keterampilan mendapatkan solusi atas permasalahan kehidupan sangat diperlukan. Hal ini sangat sesuai dengan konteks literasi perubahan iklim yang menjadi salah satu variabel penelitian. Diharapkan proses pembelajaran mampu memberikan pengaruhnya pada cara berpikir serta memicu munculnya ide-ide penyelesaian masalah perubahan iklim.

Sebagai kolaborasi antar model dan pendekatan pembelajaran, RBL sangat relevan dan saling memberikan pengaruhnya jika disandingkan dengan pendekatan yang bersifat menyeluruh. Sesuai dengan arus kemajuan jaman, peserta didik

tidak bisa lepas dari pemanfaatan teknologi baik dalam pembelajaran maupun kehidupan kesehariannya. Pendekatan pembelajaran STEAM sangat sesuai untuk dikolaborasikan dengan model pembelajaran RBL. Unsur-unsur STEAM berupa *Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics* tidak dapat lepas dari kehidupan peserta didik saat ini.

Integrasi pendekatan STEAM terhadap model pembelajaran yang relevan mampu memberikan efektivitas tinggi dalam pencapaian tujuan pembelajaran [18]. Selain itu, pendekatan STEAM sangat sesuai pula dengan pola pendidikan abad 21 yakni mendukung kemampuan berpikir kritis, meningkatkan kreativitas peserta didik, selain kemampuan komunikasi dan kolaborasi yang ikut terasah secara maksimal. Dalam [7], memberikan tambahan penjelasan bahwa dengan pendekatan STEAM, alternatif-alternatif solusi atas permasalahan dalam pembelajaran akan lebih mudah dimunculkan.

Permasalahan STEAM yang diangkat dalam proses pembelajaran diharapkan mengakomodasi kelima unsurnya. Selain itu, permasalahan STEAM tersebut juga terjangkau bagi peserta didik untuk didapatkan solusi pemecahannya melalui proses literasi. Literasi-literasi yang dilakukan oleh peserta didik untuk menemukan solusi atas permasalahan STEAM diakomodasi dengan hadirnya model pembelajaran RBL. Dengan demikian, kombinasi pendekatan STEAM serta model pembelajaran RBL sangat terlihat relevansinya dalam meningkatkan literasi peserta didik dalam konteks perubahan iklim.

Literasi perubahan iklim dalam bingkai pembelajaran RBL berpendekatan STEAM, peserta didik tidak hanya sekedar mampu beradaptasi dengan pemanfaatan teknologi. Lebih dari itu, munculnya ide-ide dalam mengantisipasi atau bahkan menjawab permasalahan perubahan iklim menjadi jauh lebih utama. Peserta didik diharapkan mampu menghasilkan berbagai varian produk sebagai bentuk respon atas perubahan iklim yang terjadi di sekitarnya [14]. Selain itu, pemanfaatan berbagai bahan-bahan sisa juga diharapkan memberikan bekal jangka pendek untuk memperkaya pemahaman peserta didik dalam membangkitkan berbagai jenis literasi-literasi lanjutan [19].

Terdapat enam indikator utama literasi perubahan iklim, yaitu: (1) pemahaman dasar perubahan iklim, (2) pemahaman penyebab perubahan iklim, (3) pemahaman solusi mengatasi perubahan iklim, (4) kemampuan berkomunikasi

terkait perubahan iklim, (5) kemampuan melakukan penelitian terkait perubahan iklim, serta (6) menyadari dampak perubahan iklim. Dalam konteks penelitian ini, minimal empat domain awal harus dimiliki peserta didik agar dapat memecahkan permasalahan pada kehidupan sehari-hari.

Semakin mendalami terkait dengan smart sensor yang sepertinya masih belum waktunya diberikan pada jenjang sekolah dasar. Dalam penelitian ini, pemanfaatan smart sensor yang dimaksud adalah hanya sebagai sarana memperkenalkan pemanfaatan berupa peran dan fungsi smart sensor kepada peserta didik. Smart sensor inilah yang akan menjadi masukan untuk membangun sebuah pembelajaran yang menggunakan machine learning.

Pemanfaatan *smart sensor* sebagai masukan untuk membangun pembelajaran berbasis mesin pada penelitian ini adalah berhubungan dengan kapan waktu yang tepat untuk menyiram tanaman bunga. Tingkat kelembaban tanah akan dideteksi oleh smart sensor untuk memicu menghidupkan alarm dan lampu peringatan. Peserta didik akan memberikan respon yakni melakukan penyiraman terhadap tanaman berdasarkan data informasi tersebut.

Bagian penting dalam membangun sebuah proses pembelajaran berbasis mesin dalam penelitian ini adalah bahwa data informasi kelembaban tanah yang ditampilkan secara lifetime melalui perangkat *smartphone*. Data informasi *lifetime* yang tampil tersebut menjadi bahan materi pembelajaran terutama pada unsur *mathematics*-nya. Selain itu, penggunaan *smartphone* akan membangun situasi pembelajaran berbasis mesin menjadi semakin nyata.

Untuk membangun pembelajaran berbasis mesin dengan memanfaatkan smart sensor setidaknya menggunakan tiga perangkat utama yakni perangkat input, pemroses, dan output. Perangkat input terdiri dari sensor kelembaban tanah DHT 11. Perangkat pemroses berupa modul NodeMCU 8266, sedangkan perangkat outputnya adalah alarm dan lampu indikator serta *smartphone* untuk menampilkan keadaan kelembaban tanah secara lifetime.

Menurut [13], nilai kelembaban tanah dapat dideteksi oleh jenis sensor DHT 11. Awalnya media tanam dilakukan suatu proses kalibrasi sehingga dapat teridentifikasi naik turunnya kandungan airnya oleh sensor tersebut. Kalibrasi media tanam terhadap sensor ini dikenal dengan metode gravimetri. Data kandungan air pada media tanam tersebut akan disalurkan ke mikrokontroler

ATMEGA328 yang akan mengkonversi masing-masing nilai kelembaban ke dalam potensial tegangan. Potensial tegangan inilah yang nantinya akan memberikan input pada perangkat keluaran berupa alarm dan lampu indikator.

Masih menurut [13], perangkat keluaran diperkaya dengan monitoring data keadaan kandungan air tanah. Data informasi tersebut dapat ditampilkan secara langsung dalam smartphone. Untuk hal ini dibutuhkan intergrasi output modul NodeMCU 8266 dengan perangkat smartphone android dengan menggunakan aplikasi *thinkspeak*.

Keterhubungan smart sensor dengan machine learning terlihat terutama pada tampilan data informasi kelembaban tanah pada android smartphone. Seperti yang disampaikan oleh [10], bahwa pembelajaran mesin adalah cabang kecerdasan buatan yang menggunakan teknik statistik, probabilitas, dan pengoptimalan yang dilakukan oleh “komputer”. pembelajaran mesin mendukung peramalan seri waktu yang secara otomatis dilakukan oleh mesin.

Dari berbagai penjelasan tersebut di atas, sangat terlihat makna penting penelitian ini. Pemanfaatan *smart sensor* sebagai *watering time sign* menggunakan *machine learning* untuk meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik. Peserta didik memiliki ruang luas untuk melakukan berbagai pola riset dalam bingkai *science, technology, engineering, art*, dan juga *mathematics*. Pemanfaatan *smart sensor* dalam *machine learning* semakin membuka saluran-saluran pemahaman mengenai teknologi terkini. Saluran-saluran pemahaman tersebut akan semakin jelas arahnya yakni menuju pada tumbuhnya kesadaran peserta didik dalam merespon perubahan iklim yang sedang terjadi saat ini.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah metode kualitatif naratif. Menurut [4], menyampaikan bahwa penelitian kualitatif berfokus pada proses yang terjadi atau hasil dan outcome. Mendukung hal tersebut, [17] mendefinisikan bahwa penelitian kualitatif naratif adalah jenis penelitian kualitatif dengan melakukan studi untuk memperoleh data suatu perjalanan atau proses tertentu yang telah dilaksanakan. Data hasil studi tersebut kemudian disajikan dengan menyusun laporan dalam bentuk naratif dan kronologis berkelanjutan.

Penelitian ini dimulai dari mengumpulkan beberapa literatur untuk direview terkait RBL dan STEAM. Termasuk juga eksplorasi terkait dengan problematika STEAM. Kemudian dikembangkanlah kerangka sintaksis integrasi RBL-STEAM dalam menyelesaikan problematika STEAM tersebut. Pada proses inilah sangat diperlukan untuk menghadirkan problematika STEAM yang dekat dengan peserta didik. Selain itu, problematika yang dihadirkan juga hendaknya memiliki nilai tantangan serta terjangkau untuk diselesaikan oleh peserta didik dengan memaksimalkan proses literasi.

Selanjutnya akan disajikan pula capaian pembelajaran dan tujuan-tujuan pembelajaran berdasarkan kelima unsur STEAM. Kemudian, disajikan pula pengembangan indikator dan sub-indikator terkait dengan enam indikator literasi perubahan iklim. Penelitian dilanjutkan dengan menguraikan peran lima elemen STEAM dalam menyelesaikan problematika yang telah dihadirkan. Pada fase ini akan terlihat dengan jelas bagaimana relevansi dan keterkaitan antara pendekatan STEAM dalam perubahan iklim dengan dukungan literasi.

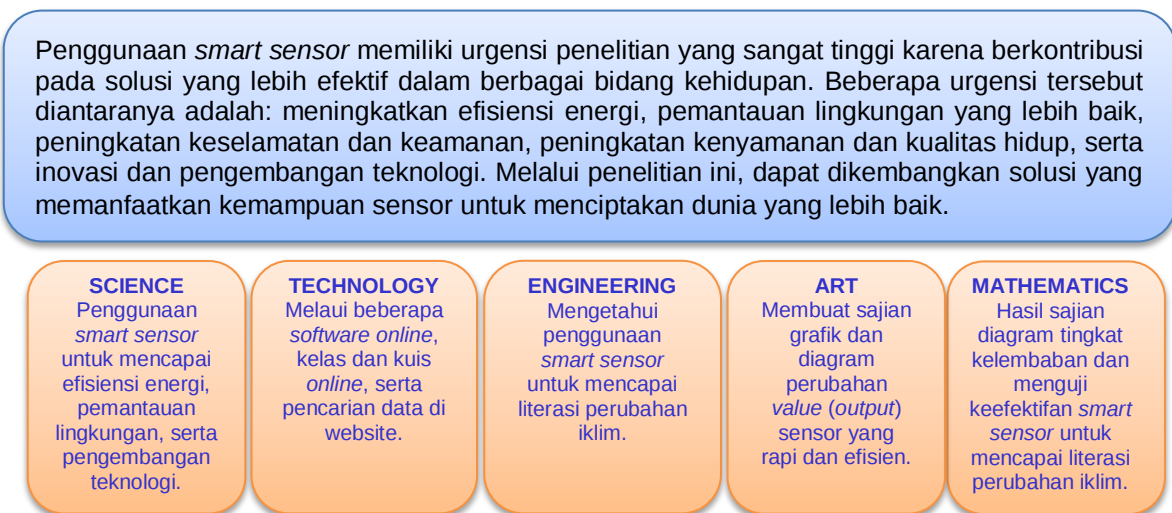
Fase terakhir dalam penelitian ini adalah mendeskripsikan setiap tahapan RBL lengkap dengan aktivitas pembelajaran. Sebagai konfirmasi atas penerapan RBL berpendekatan STEAM, di bagian paling akhir dalam penelitian ini disajikan indikator capaian dan sub-indikator dari literasi perubahan iklim. Indikator capaian dan sub indikatornya juga dilengkapi dengan instrumen penilaian untuk keterukuran capaian hasil belajar peserta didik.

3. HASIL PENELITIAN

3.1. *Sintaks Pembelajaran Berbasis Penelitian dengan Pendekatan STEAM*

Penelitian ini menerapkan kombinasi antara model pembelajaran RBL dengan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, dan Mathematics*). Model pembelajaran RBL memicu kreativitas peserta didik untuk menganalisa perubahan tingkat kelembaban tanah sebagai input penanda waktu penyiraman bunga. Pendekatan STEAM dengan kelima unsurnya akan membiasakan peserta didik mempelajari suatu topik secara utuh dari berbagai sudut pandang. Kombinasi model pembelajaran RBL terintegrasi STEAM mendukung terciptanya merdeka belajar sesuai kebijakan kementerian pendidikan.

Berikut ini akan disajikan kerangka kerja untuk mengintegrasikan model *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEAM dalam meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik dengan menggunakan smart sensor. Kerangka kerja ini dikembangkan berdasarkan sintaks yang diusulkan dalam [1,8,9]. Pada tahap awal sintaks model *Research-Based Learning* menimbulkan masalah yang timbul dari kelompok penelitian masalah terbuka. Secara lebih jelas, pertimbangan permasalahan STEAM dalam penelitian ini berupa penggunaan smart sensor seperti terdapat pada Gambar 1.



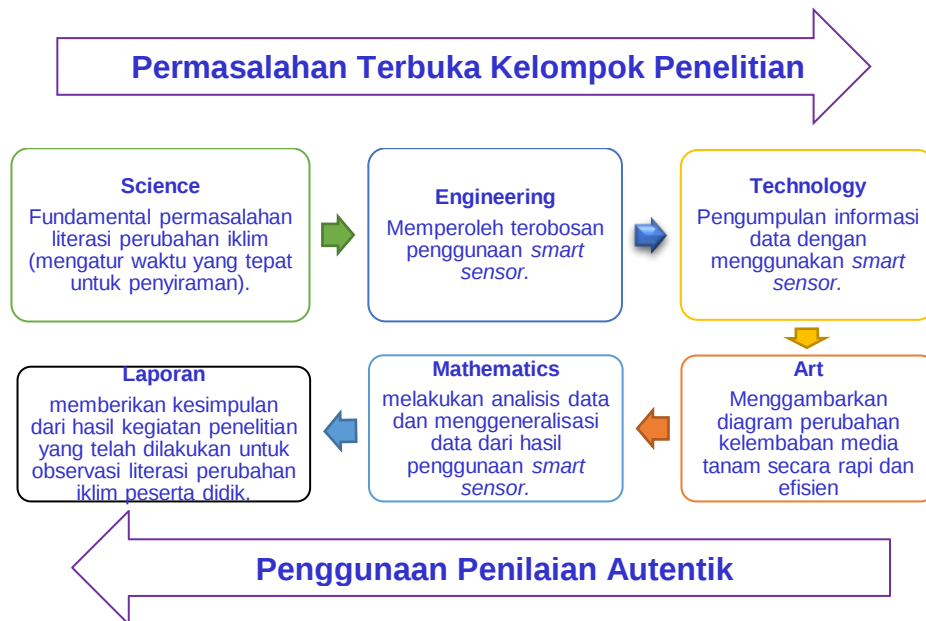
Gambar 1. Unsur-unsur STEAM pada permasalahan penggunaan *smart sensor*.

Gambar 1 di atas menjelaskan mengenai gambaran umum proses penelitian yang mengacu pada lima unsur pendekatan STEAM. Kelima unsur STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*) yang berkolaborasi dalam model pembelajaran RBL perlu disajikan secara visual yang lebih memperjelas. Secara detail *framework* integrasi *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEAM ini dapat dilihat pada Gambar 2.

3.1.1. *Capaian dan Tujuan Pembelajaran*

Capaian pembelajaran yang dicapai yaitu peserta didik dapat menggunakan *smart sensor* untuk mewujudkan literasi perubahan iklim. Tujuan pembelajaran yang dihasilkan *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEAM akan memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan di bidang sains, teknologi, teknik, *art* dan matematika. Menurut [7],

STEAM mampu mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu serta mengakomodasi pemecahan masalah baik holistik maupun spasial. Tujuan-tujuan pada masing-masing unsur tersebut dipaparkan sebagai berikut.



Gambar 2. Framework sintaks RBL dengan pendekatan STEAM.

a. *Science*

- Menjelaskan pengertian, penyebab dan dampak perubahan iklim terhadap tanaman.
- Menjelaskan kebutuhan utama tanaman untuk bertahan hidup.
- Menjelaskan konsep kelembaban media tanam dalam mendukung kehidupan tanaman.

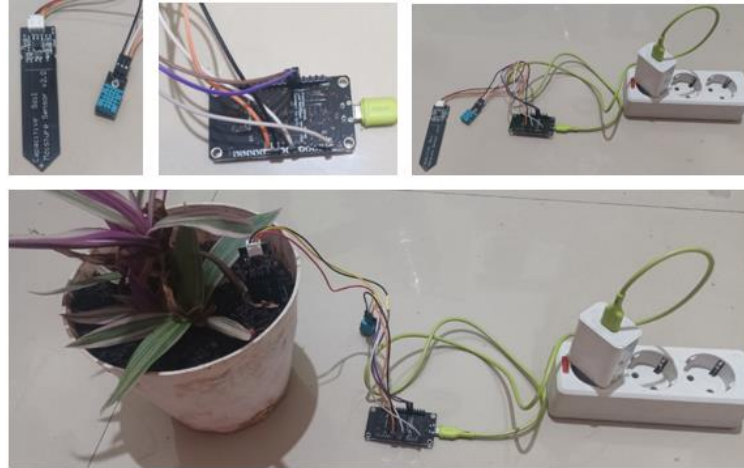
b. *Technology*

- Menunjukkan keterampilan literasi dalam menjelajah web pendukung materi.
- Menunjukkan keterampilan penggunaan software online penampil realtime tingkat kelembaban media tanam.

c. *Engineering*

- Menggambarkan alur (flow chart) dari alat sensor penanda waktu penyiraman.
- Menjelaskan alur (flow chart) dari alat sensor penanda waktu penyiraman.
- Memahami cara kerja umum sensor penanda waktu penyiraman.
- Menjelaskan fungsi dan cara kerja input sensor penanda waktu penyiraman.

- Menjelaskan fungsi dan cara kerja pengolah data sensor penanda waktu penyiraman.
- Menjelaskan fungsi dan cara kerja dua output sensor penanda waktu penyiraman.



Gambar 3. Pemasangan *smart sensor* penanda waktu penyiraman.

d. *Art*

Menggambarkan diagram garis hasil output software online penampil realtime tingkat kelembaban media tanam dengan rapi dan efisien.

e. *Mathematics*

- Menggambarkan secara tepat dan akurat diagram garis hasil output software online penampil realtime tingkat kelembaban media tanam.
- Menjelaskan efektivitas dan efisiensi sensor penanda waktu penyiraman.
- Menjelaskan perubahan tampilan realtime tingkat kelembaban media tanam.
- Memperkirakan banyak alat yang diperlukan untuk daerah tanam yang lebih luas.

3.1.2. ***Penggunaan Smart Sensor untuk Meningkatkan Literasi Perubahan Iklim Peserta Didik***

1. Masalah Unsur Sains

Pada unsur science, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan mengenai dampak-dampak perubahan iklim terhadap tanaman. Selain itu, peserta didik juga mampu menjelaskan pentingnya air bagi kehidupan tanaman. Dan terakhir, unsur science dalam penelitian ini adalah menjelaskan konsep kelembaban media tanam dalam mendukung keberlanjutan kehidupan tanaman.

Pemahaman atas beberapa unsur science tersebut sebagai pembuka bagi peserta didik untuk memahami fungsi dan cara kerja *smart sensor*.

2. Masalah Unsur Teknologi

Selain penggunaan IoT (*internet of things*), pada unsur teknologi ini juga memuat pemanfaatan software-software online serta pencarian data-data dalam website. Pada proses pembelajaran, unsur teknologi dikuatkan dengan menjadikan hasil-hasil temuan literasi peserta didik dan juga tampilan real time perubahan tingkat kelembaban media tanam sebagai bagian dari instrumen penilaian yang akan menggambarkan capaian hasil belajar peserta didik. Hal ini menjadi sesuatu yang baru serta menarik bagi peserta didik.



Gambar 4. Pencarian sumber-sumber *science* rutinitas penyiraman tanaman.

3. Masalah Unsur Teknik

Pada unsur *engineering*, dikarenakan informan atau subyek penelitian adalah peserta didik pada jenjang sekolah dasar, maka unsur *engineering* tidak diarahkan pada proses perakitan alat sensor penanda waktu penyiraman. *Engineering* dalam penelitian ini hanya diarahkan pada pemahaman peserta didik atas alur (*flow chart*) yang menggambarkan proses perjalanan data pada alat yang sudah disiapkan oleh guru. Selain itu, pemahaman fungsi dari masing-masing bagian alat sensor penanda waktu penyiraman juga menjadi bagian dari capaian hasil belajar pada unsur *engineering* dalam penelitian ini.

Peserta didik memahami cara kerja sensor dalam memberikan data untuk pengambilan keputusan yang akan direspon oleh perangkat output. Melalui proses pembelajaran peserta didik akan memahami bagian-bagian alat penanda waktu penyiraman tanaman. Bagian input berupa sensor kelembaban tanah yang langsung terhubung dengan media tanam. Bagian kedua berupa pengolah data dan bagian terakhir berupa output. Pada bagian akhir ini terbagi menjadi dua, yakni bagian penampil perubahan tingkat kelembaban media tanam dengan

bantuan teknologi real time. Bagian akhir kedua adalah data hasil proses memberikan input kepada piranti lampu penanda dan sirine sebagai tanda bahwa tanaman harus segera disiram.

Setidaknya terdapat dua hal penting dan menarik dalam unsur engineering ini. Pertama, bagaimana peserta didik dapat memahami efektivitas bantuan alat dalam mengefisiensikan energi serta pemantauan lingkungan dengan bantuan teknologi. Hal kedua adalah tampilan realtime perubahan tingkat kelembaban media tanam menjadi sumber materi yang sangat menarik bagi peserta didik untuk mendalami materi diagram garis. Kedua hal menarik tersebut akan menjadi tantangan tersendiri untuk melaksanakan proses literasi.

4. Masalah Unsur Art

Sejalan dengan unsur engineering, masih belum memungkinkan peserta didik pada jenjang sekolah dasar untuk merangkai rangkaian sensor penanda waktu penyiraman. Sehingga pada unsur art dalam penelitian ini, peneliti mengarahkan pada bagaimana seni dalam menggambarkan diagram garis yang rapi dan efisien. Input dari penyusunan diagram tersebut didapatkan dari hasil tampilan perubahan kelembaban media tanam yang ditampilkan oleh *software online (thinkspeak)* secara *real time*.

5. Unsur Matematika

Unsur terakhir dalam pendekatan STEAM adalah mathematics. Selain hasil sajian diagram garis pada unsur sebelumnya, peserta didik juga diharapkan mampu memberikan penjelasan terkait keefektivan penggunaan smart sensor penanda waktu penyiraman. Hal ini dapat diperluas dengan mengajukan permasalahan lanjutan seberapa banyak alat yang diperlukan untuk luasan yang lebih dari yang sudah dilakukan dalam penelitian.

Kegiatan laporan pada penerapan model pembelajaran RBL berpendekatan STEAM menjadi sesi terakhir pembelajaran sekaligus sebagai konfirmasi menyeluruh atas capaian-capaian hasil belajar peserta didik. Pada tahap ini, peserta didik menyampaikan dan menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian terkait dengan penggunaan smart sensor untuk meningkatkan literasi perubahan iklim. Peserta didik dapat diarahkan untuk melakukan diskusi panel, sehingga peneliti dapat mengamati serta mengobservasi literasi perubahan iklim peserta didik baik secara individual maupun kelompok.

3.1.3. *Pembelajaran Berbasis Penelitian dengan Pendekatan STEAM dalam Penggunaan Smart Sensor*

Pada bagian ini akan dibahas satu per satu dari enam tahapan model *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEAM. Keenam tahapan ini akan menggambarkan bagaimana peserta didik dalam melakukan pembelajaran *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEAM. Konteks model RBL berpendekatan STEAM penelitian ini adalah penggunaan *smart sensor* untuk meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik.

1. Berdasarkan Gambar 2, tahap pertama (*science*) mengajukan permasalahan mendasar terkait dengan penggunaan *smart sensor*. Hal tersebut harus dirancang secara efektif untuk meningkatkan efisiensi energi, melakukan pemantauan lingkungan, serta mengembangkan inovasi dan teknologi. Peneliti akan meminta peserta didik untuk berpikir tentang dampak-dampak perubahan iklim terutama pada tanaman-tanaman di sekitar sebelum menuju pada penggunaan *smart sensor*. Cara kerja dan fungsi smart sensor didalami pada unsur engineering. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kegiatan pembelajaran tahap 1 dalam penggunaan *smart sensor*.

Tahap Satu	Kegiatan Pembelajaran
Fundamental permasalahan literasi perubahan iklim (bagaimana mengatur waktu yang tepat untuk penyiraman tanaman). (SCIENCE)	1. Penjelasan umum mengenai pengertian, penyebab, dan dampak perubahan iklim
	2. Tanya jawab kebutuhan utama tanaman untuk bertahan hidup
	3. Penjelasan konsep kelembaban media tanam
	4. Diskusi kelompok dengan dukungan literasi mengenai dampak perubahan iklim terhadap kelembaban media tanam dan usaha-usaha mengatasinya.



Gambar 5. Diskusi kebutuhan air bagi tanaman.

2. Kegiatan pembelajaran model *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEAM pada tahap kedua (*technology*) adalah menggunakan perangkat lunak atau pemanfaatan teknologi dalam pengumpulan data. Lihat Tabel 2 untuk detailnya yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. Kegiatan pembelajaran RBL-STEAM tahap 2 masalah penggunaan *smart sensor*.

Tahap Dua	Kegiatan Pembelajaran
Pengumpulan informasi data dengan menggunakan smart sensor.	1. Penjelasan cara menjelajah web pendukung materi
(TECHNOLOGY)	2. Pencarian informasi dalam web untuk mendukung pemahaman materi
	3. Demonstrasi penggunaan software online penampil realtime tingkat kelembaban media tanam
	4. Praktek penggunaan software online penampil realtime tingkat kelembaban media tanam



Gambar 6. Penjelajahan informasi otomatisasi penyiraman.

3. Kegiatan pembelajaran model *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEAM pada tahap ketiga (*engineering*) yaitu mengembangkan terobosan terkait penggunaan *smart sensor* untuk meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik [1]. Guru meminta peserta didik untuk mengidentifikasi beberapa sensor yang akan digunakan. Untuk lebih jelasnya, lihat Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kegiatan pembelajaran RBL-STEAM tahap 3 masalah penggunaan *smart sensor*.

Tahap Tiga	Kegiatan Pembelajaran
Memperoleh terobosan penggunaan smart sensor.	1. Konfirmasi hasil penjelajahan web pendukung mengenai alur (<i>flow chart</i>) alat sensor penanda waktu penyiraman.
(ENGINEERING)	2. Konfirmasi hasil penjelajahan web pendukung mengenai cara kerja umum alat sensor penanda waktu

Tahap Tiga	Kegiatan Pembelajaran
	penyiraman.
	3. Konfirmasi hasil penjelajahan web pendukung mengenai fungsi dan cara kerja input alat sensor penanda waktu penyiraman.
	4. Konfirmasi hasil penjelajahan web pendukung mengenai fungsi dan cara kerja pengolah data alat sensor penanda waktu penyiraman.
	5. Konfirmasi hasil penjelajahan web pendukung mengenai fungsi dan cara kerja dua output alat sensor penanda waktu penyiraman.



Gambar 7. Pemasangan *smart sensor* sebagai konfirmasi proses IoT.

4. Kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model Research-Based Learning dengan pendekatan STEAM pada tahap keempat (*art*) yaitu menggambarkan diagram garis hasil output software online penampil realtime tingkat kelembaban media tanam dengan rapi dan efisien. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Kegiatan pembelajaran RBL-STEAM tahap 4 masalah penggunaan *smart sensor*.

Tahap Empat	Kegiatan Pembelajaran
Menggambar diagram perubahan kelembaban media tanam secara rapi dan efisien.	1. Demonstrasi software thingspeak untuk menampilkan perubahan kelembaban media tanam
(ART)	2. Mencatat perubahan kelembaban media tanam
	3. Menggambar diagram perubahan kelembaban media tanam

5. Kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model Research-Based Learning dengan pendekatan STEAM pada tahap kelima (*mathematics*) yaitu melakukan

analisis dan generalisasi data yang diperoleh dari smart sensor. Kegiatan lanjutan berupa pengajuan permasalahan lanjutan yakni seberapa banyak alat yang diperlukan untuk daerah tanam yang lebih luas. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Kegiatan pembelajaran RBL-STEAM tahap 5 masalah penggunaan *smart sensor*.

Tahap Lima	Kegiatan Pembelajaran
Melakukan analisa data dan menggeneralisasi data dari hasil penggunaan smart sensor.	1. Diskusi mengenai keefektifan penggunaan smart sensor penanda waktu penyiraman.
(MATHEMATICS)	2. Diskusi permasalahan lanjutan seberapa banyak alat yang diperlukan untuk daerah tanam yang lebih luas.



Gambar 8. Pencatatan *output smart sensor*.



Gambar 9. Penyelesaian konversi data *output smart sensor* menjadi diagram.

- Kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEAM pada tahap enam (laporan) yang dilakukan oleh peserta didik untuk menyampaikan dan menjelaskan tujuan dan kesimpulan dari kegiatan pembelajaran hasil penelitian terkait dengan penggunaan smart sensor untuk meningkatkan literasi perubahan iklim. Dalam hal ini, peserta didik akan melakukan *Focus Group Discussion* (FGD), sehingga peneliti dapat mengamati literasi perubahan iklim peserta didik. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Kegiatan pembelajaran RBL-STEAM tahap 6 masalah penggunaan *smart sensor*.

Tahap Enam	Kegiatan Pembelajaran
Menyampaikan kesimpulan hasil	1. Diskusi panel mengenai proses

Tahap Enam	Kegiatan Pembelajaran
pembelajaran yang telah dilakukan untuk konfirmasi capaian hasil belajar yang teramati/ diobservasi oleh guru.	pembelajaran dan hasil penelitian.
(REPORT)	2. Penarikan kesimpulan dengan bantuan guru.
	3. Penyampaian soal-soal evaluasi pembelajaran.

3.1.4. Kerangka Instrumen Penilaian Literasi Perubahan Iklim

Berikut ini sajian kerangka penilaian instrumen kemampuan literasi perubahan iklim peserta didik. Indikator-indikator yang disajikan adalah indikator yang menunjukkan capaian hasil pembelajaran literasi perubahan iklim. Kerangka instrumen penilaian literasi perubahan iklim dalam penelitian ini seperti tersaji dalam Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Kerangka instrumen penilaian literasi perubahan iklim.

Indikator	Sub-Indikator	Materi Uji
Pemahaman dasar perubahan iklim	- Memahami konsep dasar ilmu perubahan iklim. - Memahami contoh-contoh perubahan iklim dalam lingkup lokal dan global.	- Jelaskan pengertian perubahan iklim? - Sebutkan contoh perubahan yang disebabkan oleh perubahan iklim dalam lingkup lokal dan global!
Pemahaman penyebab perubahan iklim	- Memahami aktivitas alam yang dapat menyebabkan perubahan iklim. - Memahami aktivitas manusia perubahan iklim.	- Apa saja aktivitas alam yang menyebabkan perubahan iklim? - Apa saja aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan iklim? - Jelaskan aktivitas manusia yang dapat menyebabkan perubahan iklim?
Pemahaman solusi mengatasi perubahan iklim	- Menemukan solusi untuk mengatasi perubahan iklim lingkup lokal. - Memberikan ide solusi untuk mengatasi perubahan iklim lingkup global.	- Solusi apa yang dapat kamu sarankan untuk mengatasi perubahan iklim terutama untuk tanaman-tanaman di sekitarmu? - Sampaikan idemu untuk mengatasi perubahan iklim di lingkup dunia?
Kemampuan berkomunikasi terkait perubahan iklim	- Mengkomunikasikan dengan pihak lain terkait perubahan iklim. - Melakukan diskusi tentang cara	- Apa yang akan kamu sampaikan pada guru supaya halaman kelas menjadi sejuk? - Apa yang akan kamu

Indikator	Sub-Indikator	Materi Uji
	mengurangi dampak perubahan iklim.	sampaikan pada orang tuamu supaya halaman rumahmu menjadi sejuk? 3. Apa yang akan kamu sampaikan pada guru ketika tanaman layu? 4. Apa yang akan kamu sampaikan pada orang tuamu jika tanaman layu?
Kemampuan melakukan penelitian terkait perubahan iklim	1. Melakukan penelitian terkait perubahan iklim berupa smart sensor penanda waktu penyiraman tanaman. 2. Melakukan penelitian terkait solusi mengatasi perubahan iklim berupa smart sensor penanda waktu penyiraman tanaman.	1. Jelaskan cara kerja smart sensor penanda waktu penyiraman tanaman! 2. Jelaskan fungsi dan cara kerja input alat sensor penanda waktu penyiraman! 3. Jelaskan fungsi dan cara kerja pengolah daya alat sensor penanda waktu penyiraman! 4. Jelaskan fungsi dan cara kerja output alat sensor penanda waktu penyiraman! 5. Menurutmu, apakah alat sensor penanda waktu penyiraman bisa meyakinkan tanaman di depan kelas tetap hidup subur? Jelaskan! 6. Jika kamu hendak menggunakan alat sensor penanda waktu penyiraman untuk halaman rumahmu, berapa banyak alat yang kamu butuhkan? Jelaskan!
Menyadari dampak perubahan iklim	1. Memahami dampak perubahan iklim. 2. Menyampaikan sikap diri untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim.	1. Jelaskan bagaimana kehidupan di bumi jika perubahan iklim berlangsung terus menerus dan tidak tertangani! 2. Jelaskan bagaimana usaha-usaha yang dapat kamu lakukan untuk meredam perubahan iklim!

3.1.5. *Tindak Lanjut Pengembangan Perangkat Pembelajaran*

Tindak lanjut pengembangan perangkat pembelajaran dalam penelitian ini salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan desain pengembangan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Desain tindak lanjut ini efektif dilakukan karena diawali dengan kegiatan analisa serta evaluasi pada tahap akhirnya. Untuk tindak lanjut implementasi secara massif pada satuan-satuan pendidikan dalam wilayah yang sama atau identik dengan wilayah penelitian yang sudah dilaksanakan tetap masih harus dilakukan kajian mendalam dengan pemangku kebijakan terkait.

Raiser dan Mollenda dalam [11], menyampaikan bahwa desain pengembangan model ADDIE memiliki lima tahapan pengembangan. Tahapan-tahapan tersebut adalah analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi [16]. Pengembangan yang dilakukan adalah pengembangan perangkat pembelajaran integrasi RBL-STEAM. Kombinasi model pembelajaran RBL berpendekatan STEAM dalam pengembangannya dilakukan pada konteks literasi mengenai perubahan iklim peserta didik.

Tahap pertama berupa analisis dilakukan dengan menganalisis karakteristik peserta didik, karakteristik materi dan proses pembelajaran, serta media pembelajaran yang akan digunakan. Pengembangan juga dilakukan dengan memperhatikan karakteristik-karakteristik satuan-satuan pendidikan sasaran. Tahap perancangan sebagai tahap yang kedua dilakukan dengan merancang perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan model RBL ke dalam pendekatan STEAM. Pada tahap ini, beberapa bahan ajar yang disusun diantaranya adalah silabus, RPP, LKS, pre-test, post-test, dan instrumen penilaian lainnya.

Tahapan ketiga berupa tahap pengembangan, yaitu dengan melakukan uji coba bahan ajar dan instrumen untuk mengecek keabsahan atau validitas bahan ajar serta kepraktisannya atau praktibilitasnya. Hasil validasi meliputi validitas isi, validitas format, validitas bahasa, dan tingkat kepraktisan. Tahap keempat berupa implementasi untuk mengetahui keefektifan bahan ajar RBL-STEAM sebagai watering time sign menggunakan machine learning untuk meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik.

Tahap terakhir adalah tahap evaluasi. Tahap ini dilakukan dalam bentuk kegiatan refleksi untuk menilai apakah penerapan materi pembelajaran model

RBL dengan pendekatan STEAM dapat meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik. Pada tahap terakhir evaluasi ini, penggunaan statistik inferensial sangat dibutuhkan untuk menunjukkan adanya generalisasi pada populasi lain pada dimensi waktu dan ruang yang berbeda.

4. PEMBAHASAN

Pengembangan kerangka kerja aktivitas pembelajaran RBL-STEAM dalam pemanfaatan *smart sensor* sebagai *watering time sign* menggunakan *machine learning* untuk meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik sangat penting dan bermanfaat. Selain sebagai sarana membiasakan untuk berpikir dan bertindak holistik serta mengenal langkah-langkah ilmiah, hasil dari penelitian ini menjadi pedoman dalam mengatasi dampak-dampak yang ditimbulkan oleh perubahan iklim baik pada lingkup lokal maupun global. Hal ini menguatkan [2,3,12,15], bahwa enam tahapan literasi termasuk literasi perubahan iklim terlampaui maksimal dengan memperhatikan berbagai faktor pendukung pembelajaran.

Sebagai keberlanjutan penelitian ini, dapat dilakukan dua hal, yakni (1) mengembangkan materi pembelajaran RB-STEAM model pengembangan ADDIE dan (2) menganalisis implementasi materi pembelajaran RBL-STEAM dalam pemanfaatan *smart sensor* sebagai *watering time sign* menggunakan *machine learning* untuk meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik [6]. Kerangka kegiatan pembelajaran kombinasi RBL-STEAM sangat efektif dalam mewujudkan generasi penerus yang paham bagaimana mengatasi dampak-dampak buruk dari perubahan iklim.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bagaimana fase-fase RBL terintegrasi pendekatan STEAM. Kerangka aktivitas pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEAM menjadi hasil utama penelitian. Kerangka aktivitas tersebut berupa pemanfaatan *smart sensor* sebagai *watering time sign* menggunakan *machine learning* untuk meningkatkan literasi perubahan iklim peserta didik. Uraian hasil penelitian terbagi menjadi 6 tahap kegiatan pembelajaran (lima tahap unsur STEAM dan 1 tahap laporan). Selain itu, hasil penelitian juga memuat pengembangan kerangka instrumen tes dengan indikator dan sub-indikator literasi

perubahan iklim peserta didik. Berdasarkan proses dan hasil penelitian, maka penelitian lanjutan implementasi RBL-STEM akan semakin mudah dilakukan.

Perencanaan sintaks RBL dan unsur-unsur STEAM sangat diperlukan untuk hasil yang lebih maksimal. Selain itu, pemetaan karakteristik materi dan peserta didik juga harus diperhatikan. Walaupun subyek penelitian adalah jenjang sekolah dasar, hal ini tidak menjadi kendala. Membiasakan sejak dini pada peserta didik merespon perubahan-perubahan dalam kehidupan akan memberikan jaminan kehidupan yang lebih baik.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terimakasih terutama kepada Bapak Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., serta semua yang membantu dan juga kepada PUI-PT Kombinatorika dan Graf, CGANT-Universitas Jember atas dukungan dan bantuannya dalam penyelesaian makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Abdillah, N., Suhartoni., Dafik., Agustin. & Kurniawati, E.Y. (2022). Kerangka Aktivitas Pembelajaran Berbasis Riset dengan Pendekatan STEM: Pemanfaatan Kardus Bekas dalam Mendesain Miniatur Rumah Sehat Berdasarkan Konsep Jaring-Jaring Bangun Ruang dan Luas Permukaan untuk Meningkatkan Kemampuan Metaliterasi. RBL-STEM, *Book Chapter, CGANT-UNEJ*, p. 239-258.
- [3] Anwarudin, M., Priyanto., Ridlo, Z.R., Nisviasari, N. & Agustin, I.H. (2022). Kerangka Aktivitas Pembelajaran Berbasis Riset dengan Pendekatan STEM: Pemanfaatan Buah dan Kulit Jeruk untuk Mengembangkan Energi Listrik dan Gas Alternatif dalam Upaya Meningkatkan Metaliterasi Siswa. RBL-STEM, *Book Chapter, CGANT-UNEJ*, p. 1-31.
- [4] Creswell, J. W. (2016). Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran Edisi Keempat. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

- [5] 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.
- [6] 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).
- [7] Hartini, Y., Dafik, Prastiti, T.D. (2023). The Framework of Ethnomathematics Learning Activities Based on Majapahit Culture with STEAM Approach: Utilizing Used Cardboard for Miniature Building Media Development in Enhancing the Students' Creative Thinking Abilities. *International Journal of Current Science Research and Review*, 06(05), 2850-2861.
- [8] Healey, M., Jenkins, A., & Lea, J. 2014. *Developing research-based curricula in college-based higher education*. March, 1–10.
- [9] Luthfia, A. R. (2019). Penguatan literasi perubahan iklim di kalangan remaja. *Jurnal Abadimas Adi Buana*, 3(1), 39-42.
- [10] Mufidati, D., Ridlo, Z.R., Slamini, Maylisa, I.K. & Dafik (2023). The Development of Precision Agriculture Design by Using a Smart Sensor for Time Series Forecasting Analysis on Relative Humidity. *Proceedings of the 1st International Conference on Neural Networks and Machine Learning 2022 (ICONNSMAL 2022)*, 234-256.
- [11] Muftakim, H. & Hardini, A.T.A. (2021). Pengembangan Instrumen Penilaian Sikap Sosial Kerja Sama Pembelajaran Tematik Kelas IV SD. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 7(4). 248-256.
- [12] Priantari, I., Suratno., Wahyuni. & Dafik. (2023). Stem Education and Research-Based Learning Activities on Toasted in Coffee. *Proceedings of the 3rd International Conference on Biology, Science and Education (IcoBioSE 2021)*, 500-511.
- [13] Ridlo, Z.R., Sudarti, Waluyo, J. & Dafik (2023). The Development of Precision Agriculture Design by Using a Smart Sensor for Time Series Forecasting Analysis on Relative Humidity. *Proceedings of the 1st International*

Conference on Neural Networks and Machine Learning 2022 (ICONNSMAL 2022), 324-335.

- [14] Safiati, O.A., Suswanti, D.D., Dafik, Ridlo, Z.R., Agustin, I.H., Kurniawati, E.Y. & Helmi, M.L. (2022). Aktivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Terintegrasi dengan pendekatan STEAM: Pemanfaatan *Waste papers* dalam mendesain *Desktop Organizer* Berdasarkan Konsep Jaring-Jaring Bangun Ruang untuk Meningkatkan Metaliterasi Siswa. PUI-PT Kombinatorika dan Graf, *Book Chapter, CGANT-UNEJ*, p. 01-22.
- [15] Sriyati., Susayang, S., Maylisa, I.N., Nisviasari, R. & Ridlo, Z.R. (2022). Kerangka Aktivitas Pembelajaran Berbasis Riset dengan Pendekatan STEM: Pemanfaatan Bleaching Earth (BE) dalam proses Penjernihan Minyak Goreng Jelantah dengan Konsep Filtrasi untuk Meningkatkan Metaliterasi Peserta Didik. RBL-STEM, *Book Chapter, CGANT-UNEJ*, p. 153-175.
- [16] Sufirman., Dafik. & Fatahillah, A. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran RBL_STEM untuk Meningkatkan Metaliterasi Siswa Menerapkan Konsep Relasi Fungsi dalam Menyelesaikan Masalah Dekorasi Teselasi Walpaper. *Journal of Mathematics and Applications*. 3(1), 1-12.
- [17] Sugiyono (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi (Mixed Methods). Bandung: Alfabeta.
- [18] Sumardi, Puji, R.P.N., Dafik. & Ridlo, Z.R. (2023). The Implementation of RBL-STEM Learning Materials to Improve Students Historical Literacy in Designing Indonesian Batik Motifs. *International Journal of Instruction*, 16(2), 581–602.
- [19] Susilowati, A.A., Wahyuni, T., Mahmuda, N., Lulfasari, A., Adawiyah, R., Kristina, A.I. & Safrida L.N. (2022). Aktivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Terintegrasi dengan pendekatan STEAM: Pemanfaatan *Waste papers* dalam mendesain *Desktop Organizer* Berdasarkan Konsep Jaring-Jaring Bangun Ruang untuk Meningkatkan Metaliterasi Siswa. PUI-PT Kombinatorika dan Graf, *Book Chapter, CGANT-UNEJ*, p. 45-71.
- [20] Wahyuni, S. I., Winarti, S., Dafik., Agustin, I.H. & Kurniawati, E.Y. (2022). Kerangka Aktivitas Pembelajaran RBL-STEM: Pemanfaatan Stik *Ice Cream* dalam Mengembangkan Miniatur Rumah Idaman untuk Meningkatkan Metaliterasi Siswa. RBL-STEM, *Book Chapter, CGANT-UNEJ*, p. 55-81.

TENTANG PENULIS PERTAMA



Penulis pertama (Muhammad Anwarudin, S.Pd.,M.Pd.) lahir di Banyuwangi, 04 Mei 1985. Tahun 1997 lulus dari MI Miftahul Ulum Buluagung Siliragung Banyuwangi. Jenjang SMP dijalani di SLTPN 1 Siliragung dan lulus tahun 2000. Tahun 2003 lulus dari SMKN 1 Glagah Banyuwangi jurusan Elektronika Industri. D2 PGSD/MI diselesaikan di STAI Ibrahimy Genteng. Lulus jenjang S1 PGSD tahun 2012 dari Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Magister Pendidikan

Dasar lulus tahun 2019 dari Universitas Terbuka Jember. Tugas utama saat ini adalah Guru Kelas di SD Negeri 1 Kalianget Banyuglugur Situbondo dan tugas tambahan sebagai Tutor di UPBJJ UT Jember. Penulis juga adalah Fasilitator Guru Penggerak Angkatan 7 wilayah Kalimantan Barat.

Email: muhammadanwarudin45@guru.sd.belajar.id.

