

BAB 2

AKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK TERINTEGRASI DENGAN PENDEKATAN STEM: PEMANFAATAN BOTOL BEKAS DALAM MENDESAIN SVC (*SIMPLE VACUUM CLEANER*) UNTUK MENINGKATKAN METALITERASI SISWA

S Chususiayah¹, M S Ridlwan¹, Surateman¹, Dafik^{2,3,4}, Z R Ridlo^{3,4,5}, I N Maylisa³,
S Rahman⁶

¹*UPTD Satdik SDN Karangduren 03, Jember, Indonesia*

²*Department of Mathematics Education, Universitas Jember, Indonesia*

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

⁴*CEREBEL Research Group, Universitas Jember, Indonesia*

⁵*Department of Sciences Education, Universitas Jember, Indonesia*

⁶*SMA Negeri Plus Sukowono, Jember, Indonesia*

1. PENDAHULUAN

Kebersihan merupakan hal yang sangat penting dalam menjaga ekosistem tetap terjaga. Namun kenyataannya masih banyak sampah yang berserakan, khususnya sampah anorganik. Sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang [8]. Sampah anorganik yang kurang terakomodir dengan sangat baik salah satunya yaitu botol bekas. Botol bekas yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari yaitu botol plastik. Botol plastik sendiri merupakan salah satu produk yang digunakan untuk kemasan utama. Banyak yang menggunakan alat ini karena awet dan mudah dibawa kemana-mana. Namun masalah botol plastik juga tidak bisa diremehkan. Karena botol plastik merupakan sampah yang sulit terurai. Sampah anorganik, berupa botol plastik ini merupakan hal kecil yang dapat berdampak besar jika tidak segera ditangani. Oleh karena itu perlu adanya daur ulang sampah plastik supaya sampah berkurang, lingkungan terjaga dan sampah yang sebelumnya tidak bernilai menjadi sesuatu yang bermanfaat dan bernilai guna tinggi bagi kehidupan sehari-hari. Tanjung [11] menjelaskan bahwa daur ulang sampah merupakan

proses mengubah bahan bekas yang tidak terpakai menjadi bahan baru yang bisa dimanfaatkan kembali.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan tersebut, menjadi pertimbangan peneliti untuk menjadikannya sebagai proyek pengembangan profil pelajar Pancasila (P5) dengan tema “Gaya hidup yang berkelanjutan” yang memanfaatkan botol bekas menjadi barang bernilai guna dan dapat menjaga kebersihan. Proyek ini merupakan salah satu kegiatan kokurikuler dalam Kurikulum Merdeka. Kurikulum Merdeka atau biasa disebut sebagai Kurikulum Merdeka Belajar merupakan salah satu konsep kurikulum yang menuntut kemandirian bagi peserta didik [3], sehingga Kurikulum Merdeka mengharuskan guru untuk menciptakan pembelajaran yang nyata bagi siswanya. Oleh karena itu, melalui P5 pada Kurikulum Merdeka, siswa akan diajak untuk mengalami pembelajaran nyata sesuai dengan paradigma baru dari kurikulum tersebut. Selain itu, dengan P5 diharapkan dapat membentuk profil pelajar Pancasila pada setiap siswa. Guru dapat mandiri belajar untuk menambah pengetahuan dan referensinya tentang kurikulum merdeka maupun P5 atau bisa juga melakukan *upload* karya hasil pembelajaran P5 melalui PMM (*Platform Merdeka Mengajar*).

Pemanfaatan botol bekas pada P5 ini akan digunakan untuk pembuatan SCV (*Simple Vacuum Cleaner*) melalui *Project Based Learning* yang terintegrasi dengan STEM. Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang mampu menciptakan pembelajaran nyata, melibatkan siswa secara langsung, dan mampu menghadirkan komponen profil pelajar Pancasila sesuai kebijakan pemerintah. Menurut Johnson [4], *Project Based Learning* (PjBL) mampu menghubungkan muatan akademik dengan konteks dunia nyata, dalam hal ini proyek dapat membangkitkan antusiasme para siswa untuk turut berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran. Dengan partisipasi siswa selain mewujudkan profil pelajar Pancasila, juga dapat meningkatkan kemampuan metaliterasi siswa yang tergolong masih rendah.

Project Based Learning yang terintegrasi dengan STEM pada pembuatan *Simple Vacuum Cleaner* terwujud dari permasalahan yang timbul dari gagasan peneliti bersama siswa yang ingin meningkatkan kebersihan lingkungan dan mendaur ulang sampah botol bekas menjadi barang yang bermanfaat serta

bernilai guna tinggi. STEM memiliki arti *Science, Technology, Engineering* dan *Mathematics* merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik dan matematika dalam memecahkan masalah di kehidupan sehari-hari [5,7]. Dalam proses PjBL-STEM diharapkan dapat meningkatkan kemampuan metaliterasi siswa. Kemampuan metaliterasi merupakan kerangka berpikir secara menyeluruh serta merupakan sumber referensi mandiri yang bersifat luas dibandingkan dengan jenis literasi lainnya [9]. Metaliterasi adalah literasi yang mempromosikan pemikiran kritis dan kolaborasi di era digital, menyediakan kerangka kerja yang komprehensif untuk berpartisipasi secara efektif dalam media sosial dan komunitas *online*. Metaliterasi adalah konstruksi terpadu yang mendukung akuisisi, produksi, dan berbagi pengetahuan dalam komunitas *online* kolaboratif dan sekaligus memadukan literasi informasi dengan jenis literasi lainnya. Metaliterasi diperlukan karena definisi literasi informasi tidak cukup untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi sosial revolusioner. Di era industry 4.0 kemampuan metaliterasi sangat dibutuhkan untuk menghadapi tantangan. Namun saat ini, fakta di lapangan menunjukkan bahwa kemampuan metaliterasi siswa masih rendah dikarenakan literasi ini masih tergolong baru. Fakta di lapangan saat ini menunjukkan bahwa kemampuan metaliterasi siswa yang masih rendah dikarenakan literasi ini masih tergolong baru. Oleh karena itu, pada penelitian ini diterapkan model pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) untuk meningkatkan kemampuan metaliterasi siswa dengan menghadirkan pemecahan masalah STEM di dalam pembelajaran. Permasalahan STEM yang diangkat pada penelitian ini adalah pemanfaatan teknologi daur ulang dalam upaya meminimalisir sampah botol bekas, yakni melalui pembuatan *Simple Vacuum Cleaner* ini diharapkan siswa memiliki pengetahuan tentang perubahan energi dan tekanan udara serta mampu melakukan perhitungan luas lingkaran dan pola bilangan. Berikutnya, siswa membuat karya kreatif video tutorial mengenai pembuatan *Simple Vacuum Cleaner* sebagai bentuk pemahaman siswa kemudian di *share* di media sosial sebagai *output* aktivitas siswa. Dari hasil penelitian diketahui bahwa perangkat

PjBl dengan pendekatan STEM yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, efektif, dan praktis.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif. Penelitian ini dimulai dari mengumpulkan beberapa literatur untuk *direview* terkait PjBL dan STEM. Termasuk juga eksplorasi terkait dengan problematika STEM. Kemudian merencanakan dengan mengembangkan kerangka sintaksis intergarasi PjBL-STEM dalam menyelesaikan probelematika STEM tersebut. Selanjutnya menyediakan atau mengumpulkan bahan, disajikan pula capaian pembelajaran dan tujuannya, dan kemudian termasuk pengembangan indikator dan sub-indikator terkait dengan metaliterasi. Penelitian dilanjutkan dengan melaksanakan empat elemen PjBL-STEM bersama dalam menyelesaikan problematika di atas. Selanjutnya, melakukan pengamatan terwujudnya metaliterasi pada setiap tahapan PjBL lengkap dengan aktivitas pembelajaran, dan yang terakhir adalah mengadakan refleksi dari kegiatan PjBL-STEM serta melengkapi indikator dan sub-indikator dari metaliterasi termasuk di dalamnya adalah menunjukkan instrumen penilaiannya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

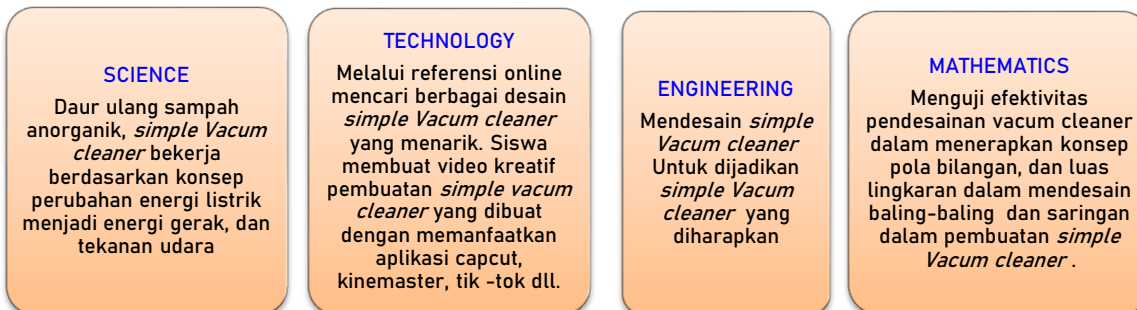
3.1 *Sintaks Model Project-Based Learning dengan Pendekatan STEM*

Berikut ini merupakan kerangka kerja dalam mengintegrasikan model pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan metaliterasi siswa dengan memecahkan masalah pemanfaatan limbah anorganik berupa botol bekas dalam mendesain *simple vacuum cleaner* berdasarkan konsep perubahan energi listrik menjadi energi gerak dan luas lingkaran. Mengajukan masalah yang timbul dari beberapa kelompok peneliti merupakan tahap awal dalam sintaks PjBL. Penelitian ini akan difokuskan pada pengembangan *simple vacuum cleaner* sebagai terobosan pemanfaatan botol bekas yang selanjutnya merencanakan STEM dalam proyek bersama, mengumpulkan alat dan bahan dalam pembuatan *simple vacuum cleaner*, melakukan proyek dan dikembangkan untuk memecahkan masalah perubahan

energi listrik menjadi energi gerak dan luas lingkaran.

Pada penelitian ini akan memanfaatkan botol bekas sebagai SVP (*simple vacuum cleaner*) yang bernilai guna tinggi dan ramah lingkungan. Sampah botol bekas bisa didaur ulang dengan berbagai bentuk kerajinan salah satunya *simple vacuum cleaner*. Pendesainan *simple vacuum cleaner* ini terbuat dari sampah botol bekas yang harus dirancang secara efektif untuk menghasilkan daya serap yang baik. Melalui pendesainan *simple vacuum cleaner* dari botol bekas ini, akan memecahkan masalah luas bangun lingkaran dan pola bilangan efektif dan kontekstual. Secara detail *framework* integrasi *Project Based Learning* dengan pendekatan STEM ini dapat dilihat pada Gambar 1.

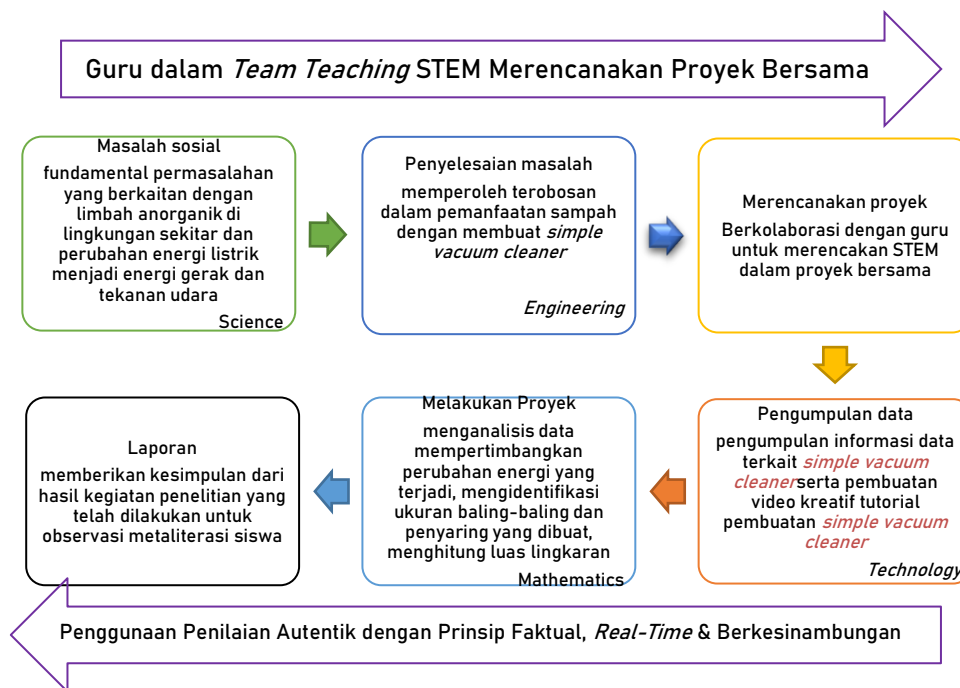
Kebersihan merupakan hal yang sangat penting dalam menjaga ekosistem tetap terjaga. Kondisi dan masalah dari tahun ke tahun terjadi di bagian sampah plastik yang kurang terakomodir dengan sangat baik. Botol plastik sendiri merupakan salah satu produk yang digunakan untuk kemasan utama. Banyak yang menggunakan alat ini karena awet dan mudah dibawa kemana-mana. Namun masalah botol plastik juga tidak bisa diremehkan. Karena botol plastik merupakan sampah yang sulit terurai. Oleh karena itu perlu adanya daur ulang sampah plastik supaya mengurangi sampah dan dapat bermanfaat serta bernilai guna tinggi. Salah satu terobosan baru adalah mendesain *simple vacuum cleaner* untuk menjaga kebersihan.



Gambar 1. Unsur-unsur STEM pada pembuatan *simple vacuum cleaner*.

Dalam PjBL-STEM akan melakukan tahapan-tahapan sebagai berikut: (1) permasalahan mendasar yang berkaitan dengan masalah sampah anorganik dan kebersihan kelas; (2) menyelesaikan masalah dengan terobosan mendesain *simple vacuum cleaner* dengan konsep perubahan energi dan tekanan udara; (3) berkolaborasi dengan guru untuk merencanakan proyek bersama; (4) mengumpulkan informasi data terkait desain *simple vacuum cleaner*; (5) mengembangkan desain *simple vacuum cleaner* dengan menggunakan botol bekas, menganalisis data dan menghitung volume bangun ruang yang dihasilkan; serta (6) memberikan kesimpulan dan melaporkan

hasil penelitian hasil observasi metaliterasi siswa. Secara rinci *framework* integrasi PjBL-STEM ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Framework* sintaks pembelajaran berbasis proyek dengan STEM.

3.1.1 *Capaian dan Tujuan Pembelajaran*

Capaian pembelajaran yang ingin dicapai yaitu siswa dapat mengembangkan desain *simple vacuum cleaner* dengan menerapkan konsep perubahan energi listrik menjadi energi gerak, menentukan pola bilangan dan menghitung luas lingkaran dengan menggunakan botol bekas. Siswa juga dapat menguji apakah *simple vacuum cleaner* yang dihasilkan dapat diuji secara umum dengan menggunakan pendekatan analitik dan kualitatif dan memperoleh beberapa kemungkinan desain unik *simple vacuum cleaner*. Tujuan pembelajaran yang dihasilkan *Project Based Learning* dengan pendekatan STEM akan memungkinkan siswa untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan di bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika. Tujuan-tujuan tersebut dipaparkan sebagai berikut.

a. Sains

Siswa diharapkan mampu memanfaatkan sampah anorganik menjadi benda yang bermanfaat, mendaur ulang sampah botol bekas menjadi benda yang ramah lingkungan, dan mampu mengidentifikasi perubahan energi yang terjadi dan tekanan udara.

b. Teknologi

Siswa diharapkan mampu menggunakan browser untuk mengidentifikasi perubahan energi yang terjadi pada *simple vacuum cleaner*, dan bangun lingkaran, mampu menggunakan *channel* Youtube untuk mengetahui tutorial pembuatan *simple vacuum cleaner*, memanfaatkan aplikasi video kreatif sebagai media pembuatan tutorial *simple vacuum cleaner* yang akan dibuat, serta menggunakan media sosial untuk membagikan hasil penelitian.

c. Teknik

Siswa diharapkan mampu mengembangkan perhitungan pola bilangan dan luas lingkaran dalam pembuatan baling-baling dan penyaring pada *simple vacuum cleaner* dengan tepat.

d. Matematika

Siswa diharapkan mampu menganalisis serta menggeneralisasi masalah pembagian sayap baling-baling menggunakan pola bilangan dan menganalisis perhitungan luas bangun lingkaran dalam pembuatan baling-baling dan penyaring *simple vacuum cleaner*.

3.1.2 Pemanfaatan Botol Bekas dalam Mendesain SVC (*Simple Vacuum Cleaner*)

➤ Unsur Sains (*Science Element*)

Limbah anorganik (botol bekas) merupakan permasalahan lingkungan sekitar yang sangat serius. Limbah botol bekas merupakan salah satu limbah yang sulit terurai. Setiap hari hampir masyarakat Indonesia menghasilkan limbah botol bekas. Limbah-limbah tersebut tak jarang dilakukan penimbunan, dijual atau bahkan dibakar untuk memusnahkannya. Untuk meminimalisir limbah botol bekas tersebut, perlu adanya daur ulang limbah botol supaya dapat bermanfaat, menjadi benda yang bernilai ekonomis, bernilai guna tinggi dan mengurangi kerusakan lingkungan. Pembuatan *simple vacuum cleaner* sangat membantu dalam mendaur ulang dan memanfaatkan limbah botol bekas menjadi barang yang berguna dalam kehidupan sehari-hari. Dengan adanya *simple vacuum cleaner* tentunya akan sangat membantu pekerjaan kita dalam menjaga kebersihan. Gambar 3. merupakan contoh *simple vacuum cleaner* berbahan

botol bekas yang dirancang secara efektif dengan berbagai desain menarik.

SVC atau *simple vacuum cleaner* merupakan suatu perangkat yang bekerja dengan menggunakan pompa udara untuk menciptakan *vacuum* parsial sebagai penghisap debu atau kotoran yang menempel di karpet atau di lantai [6]. Cara kerja *vacuum cleaner* yaitu memanfaatkan perbedaan tekanan udara, dimana udara akan mengalir pada tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Di dalam *vacuum cleaner* terdapat kipas yang akan mengurangi tekanan di dalam *vacuum cleaner*, sehingga terjadi *vacuum* (ruang hampa), sehingga debu dan udara yang terhisap melalui penyedot (*intake port*) melewati penyaring (*filter*). Debu ditampung di kantong debu (*dust bag*) dan udara dibuang dalam keadaan bersih ke atmosfer setelah melewati penyaring [1].

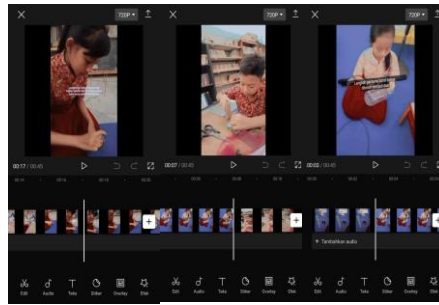
Perubahan energi listrik menjadi energi gerak pada SVC terjadi karena adanya dinamo yang dialiri arus listrik. Dinamo adalah alat untuk merubah energi gerak menjadi energi listrik atau merubah energi listrik menjadi energi gerak [2].



Gambar 3. Desain *simple vacuum cleaner*.

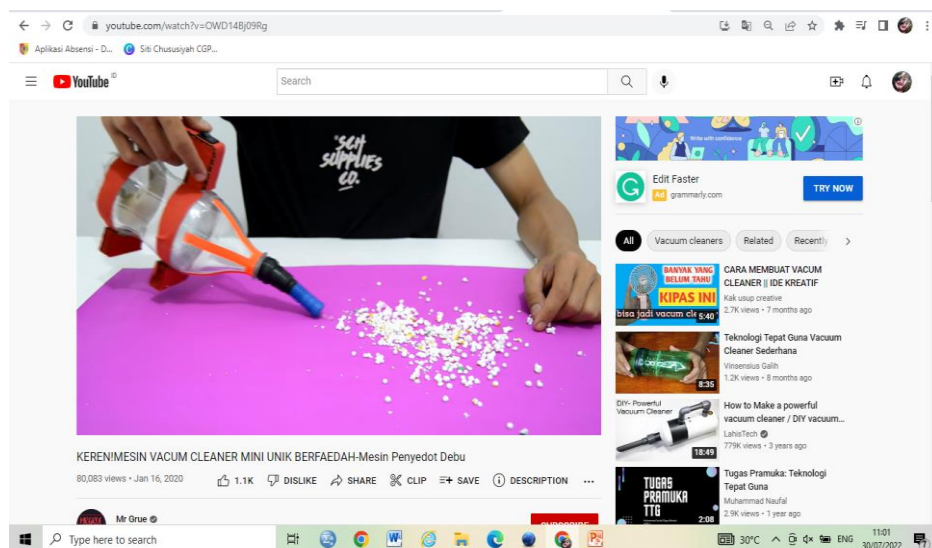
➤ Unsur Teknologi (*Technology Element*)

Video kreatif tutorial pembuatan *simple vacuum cleaner* dibuat menggunakan aplikasi android. Aplikasi yang digunakan yaitu aplikasi *Cap Cut*. Melalui pembuatan video tutorial ini, membantu siswa dalam memahami pemanfaatan botol bekas untuk pembuatan *simple vacuum cleaner* berdasarkan konsep perubahan energi listrik menjadi energi gerak, pola bilangan dan menghitung luas bangun lingkaran yang melibatkan siswa secara langsung untuk menyelesaikannya.



Gambar 4. Ilustrasi pembuatan video kreatif tutorial pembuatan *simple vacuum cleaner* menggunakan aplikasi *Cap Cut*.

Dalam penelitian digunakan aplikasi *Cap Cut* untuk membuat tutorial pembuatan *simple vacuum cleaner* dari botol bekas. Aplikasi *Cap Cut* merupakan aplikasi yang sudah tidak asing lagi bagi para siswa. Bahkan mereka sudah sering menggunakannya untuk membuat konten yang di *upload* di media sosial seperti WA, TikTok, YouTube dan lain sebagainya. Sehingga guru dapat memanfaatkan kemampuan atau keterampilan siswa tersebut dalam hal teknologi untuk diintegrasikan ke dalam pembelajaran. Dengan harapan siswa dapat tertarik untuk mengikuti pembelajaran untuk melatih kemampuan atau keterampilannya dalam membuat konten video kreatif. Penggunaan teknologi yang berkaitan dengan desain *simple vacuum cleaner* dapat diakses di Mr.Grue. *Channel* ini memberikan informasi mengenai pembuatan *simple vacuum cleaner*. Mr.Grue bergabung dengan YouTube pada tanggal 11 Desember 2016 dengan 1.270.000 *subscriber*. (<https://youtu.be/OWD14Bj09Rg>).



Gambar 5. Contoh pencarian data mengenai pembuatan *dekstop organizer*.

➤ Unsur Keteknikan (*Engineering Element*)

Berikut ini beberapa alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan *simple vacuum cleaner*.

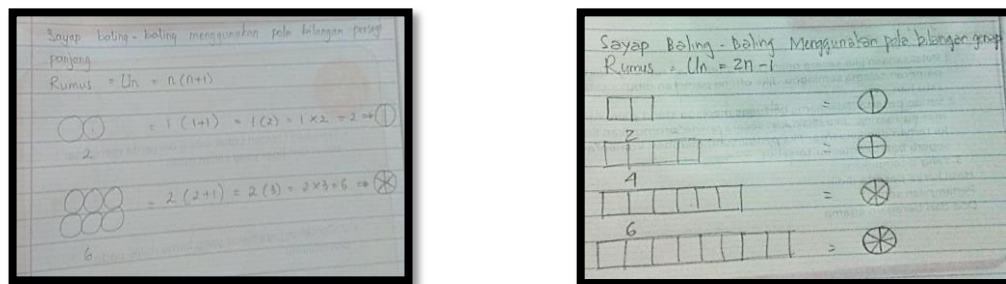
- Botol Aqua bekas
- Botol susu beruang bekas
- Kain jaring bekas
- Dinamo
- Kabel
- *Charger*
- Saklar (on/off)
- Kardus
- Selang
- Solasi/ lakban
- Penggaris dan spidol
- Gunting dan *cutter*
- Lem tembak

	Memotong botol aqua menjadi 2, sesuai ukuran yang disepakati. Dilanjutkan dengan melubangi bagian alas Aqua. Dengan rincian, bagian tengah sebagai tempat dinamo dan lubang bagian pinggir mengelilingi lubang tengah sebagai tempat pembuangan udara.
	Membuat baling-baling dari botol susu beruang yang dibentuk lingkaran lebih kecil dari diameter Aqua, kemudian menentukan jumlah sayap baling-baling sesuai dengan pola bilangan yang sudah didiskusikan. Dilanjutkan membuat penyaring dari kain jaring, yang dibentuk lingkaran dengan diameter sama dengan botol Aqua.
	Mencoba menyambungkan dinamo dengan <i>charger</i> bekas menggunakan kabel. Siswa memasang baling-baling pada dinamo untuk di uji coba. Siswa melakukan uji coba dengan menghubungkan dinamo ke sumber listrik.
	Menyambungkan selang pendek dengan bagian tutup botol Aqua. Dan membuat pegangan serta kaki <i>simple vacuum cleaner</i> yang dari kardus.
	Merangkai seluruh alat dan bahan yang sudah terbentuk, untuk dirangkai menjadi <i>simple vacuum cleaner</i>, kemudian siswa menguji coba alat yang sudah dibuat, mengevaluasi dan memperbaikinya.

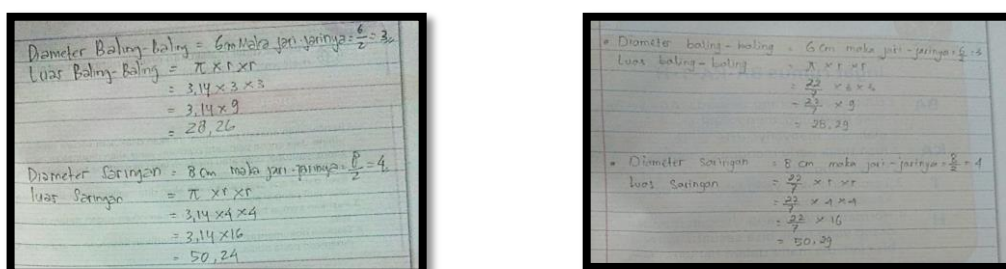
Gambar 6. Proses pembuatan SVC dengan menggunakan botol bekas.

➤ Unsur Matematika (*Mathematics Element*)

Unsur matematika yang terlihat disini yaitu materi pola bilangan dan luas lingkaran. Pola bilangan untuk menentukan jumlah sayap pada baling-baling lingkaran. Pola bilangan yang digunakan disesuaikan dengan hasil diskusi kelompok, dan informasi yang didapat dari web *browser*. Sedangkan konsep luas lingkaran digunakan untuk menentukan luas lingkaran dalam membuat baling-baling dan penyaring. Materi tersebut digunakan untuk menentukan keakuratan dalam pembuatan baling-baling supaya tidak terjadi benturan antara baling-baling dengan botol yang digunakan. Selain itu konsep luas lingkaran juga digunakan untuk menentukan ketepatan luas penyaring dengan luas permukaan botol yang digunakan. Sehingga ketika dipasang, ukurannya pas tidak kekecilan ataupun kebesaran. Selanjutnya, siswa mampu mempelajari berbagai bentuk lingkaran dan melakukan perhitungan terhadap luas lingkaran. Fungsi matematika dan perhitungannya tersebut supaya terbentuk baling-baling dan penyaring *simple vacuum cleaner* yang tepat. Gambar 7 menunjukkan contoh pola bilangan untuk menentukan jumlah sayap baling-baling. Pada Gambar 8, merupakan pengerjaan hasil perhitungan luas bangun lingkaran yang sudah siswa kerjakan.



Gambar 7. Ilustrasi hasil perhitungan pola bilangan untuk menentukan jumlah sayap baling-baling.



Gambar 8. Ilustrasi hasil perhitungan luas lingkaran (baling-baling dan saringan).

Selain belajar mengenai konsep pola bilangan dan luas lingkaran, siswa juga belajar tentang cara membuat lingkaran, membagi lingkaran menjadi beberapa bagian, menentukan jari-jari dan diameter lingkaran serta keliling lingkaran. Guru bisa mengintegrasikan berbagai konsep dalam pembelajaran matematika dalam satu aktivitas siswa.

3.1.3 Pembelajaran Berbasis Proyek dengan Pendekatan STEM dalam Pembuatan *Simple Vacuum Cleaner* dari Botol Bekas

Model pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM akan dibahas pada bagian ini. Terdapat enam tahapan yang akan menggambarkan aktivitas siswa pada proses pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM pada pemanfaatan botol bekas dalam pembuatan *Simple Vacuum Cleaner* untuk meningkatkan metaliterasi siswa dan menyelesaikan masalah luas lingkaran.

1. Tahap pertama yaitu menyampaikan masalah sosial, pada tahap ini diusulkan sebuah masalah mendasar terkait limbah anorganik menjadi *simple vacuum cleaner*. Pembuatan *simple vacuum cleaner* ini harus dirancang secara efektif berdasarkan konsep perubahan energi dan luas lingkaran. Berikut akan dijelaskan lebih rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Kegiatan pembelajaran STEM pada tahap 1.

Tahap 1	Kegiatan Pembelajaran
Guru mengajukan permasalahan terkait pemanfaatan botol bekas menjadi <i>simple vacuum cleaner</i> berdasarkan konsep perubahan energy.	Guru bertanya kepada siswa, perubahan energi listrik menjadi energi gerak dapat dimanfaatkan untuk membuat apa saja?
	Siswa melihat beberapa varian benda/alat yang menggunakan konsep perubahan energi listrik menjadi energi gerak yang bermanfaat pada kehidupan sehari-hari.
	Siswa melakukan aktivitas pencarian informasi dan melakukan diskusi kelompok untuk mengembangkan dasar kontruksi pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> dari botol bekas dan mencoba menganalisis model <i>simple vacuum cleaner</i> yang menarik.

2. Tahap kedua yaitu penyelesaian masalah. Pada tahap ini siswa mengumpulkan data atau bahan literasi terkait pembuatan *simple vacuum cleaner* dari bahan

limbah anorganik dan beberapa variasi *simple vacuum cleaner* untuk meningkatkan metaliterasi siswa melalui *browser* dan YouTube. Siswa melakukan identifikasi beberapa varian *simple vacuum cleaner* yang bisa dibuat. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 2.

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

Tahap 2	Kegiatan Pembelajaran
Mengumpulkan bahan literasi menggunakan web <i>browser</i> dan YouTube dalam pemanfaatan limbah anorganik menjadi <i>simple vacuum cleaner</i> berdasarkan konsep perubahan energi dan luas lingkaran.	Guru membimbing siswa untuk <i>browsing</i> pemanfaatan limbah anorganik (botol bekas) menjadi <i>simple vacuum cleaner</i> berdasarkan konsep perubahan energi dan luas lingkaran.
	Pengumpulan data berupa gambar desain <i>simple vacuum cleaner</i> berbahan limbah botol.
	Siswa diminta untuk menentukan varian <i>simple vacuum cleaner</i> yang di dalamnya menggunakan baling-baling dengan sayap yang berbeda.

3. Tahap ketiga, merencanakan proyek. Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan yaitu menentukan unsur STEM dalam pembuatan *simple vacuum cleaner*, Perhatikan Tabel 3.

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

Tahap 3	Kegiatan Pembelajaran
Merencanakan proyek sekaligus menelusuri unsur-unsur STEM pada pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> .	Melalui bimbingan guru, siswa mendiskusikan desain <i>simple vacuum cleaner</i> dengan menentukan alat dan bahan apa saja yang akan digunakan pada susunan <i>simple vacuum cleaner</i> .
	Siswa bersama kelompok mencari informasi dan mendiskusikan terkait perubahan energi listrik menjadi energi gerak dan bagaimana cara alat tersebut dapat menyedot debu.
	Siswa mengumpulkan foto dan video dokumentasi saat pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> dari botol bekas.
	Siswa merencanakan aplikasi yang akan digunakan untuk membuat video tutorial pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> .

4. Tahap keempat (pengumpulan data) adalah mengumpulkan informasi terkait desain *simple vacuum cleaner* serta pembuatan video kreatif tutorial pembuatan *simple vacuum cleaner* berdasarkan jaring-jaring bangun ruang

sesuai dengan ukuran yang telah disepakati masing-masing siswa agar bentuk yang dihasilkan proporsional dan simetris. Untuk lebih jelasnya, lihat Tabel 4.

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

Tahap 4	Kegiatan Pembelajaran
Pengumpulan data atau informasi terkait desain <i>simple vacuum cleaner</i> dan pembuatan video kreatif tutorial pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> .	Bersama kelompoknya, siswa mengumpulkan data tentang alat dan bahan apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> .
	Siswa berdiskusi dengan kelompoknya untuk menentukan alat yang digunakan untuk konsep perubahan energi listrik menjadi energi gerak, jumlah sayap baling-baling dan luas saringan yang berbentuk lingkaran yang digunakan dalam pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> .
	Siswa bersama kelompoknya, mengumpulkan contoh-contoh desain dan cara membuat <i>simple vacuum cleaner</i> yang menarik di internet dan mendiskusikan dengan kelompok teknik mana yang akan digunakan.
	Siswa bersama kelompoknya, berdiskusi tentang aplikasi yang akan digunakan dalam mengedit foto atau video yang sudah dibuat untuk pembuatan video kreatif tutorial <i>simple vacuum cleaner</i> .

5. Tahap kelima (melakukan proyek) adalah menganalisis data, mempertimbangkan ukuran baling-baling dan penyaring, menghitung luas lingkaran dan kekuatan daya serap *simple vacuum cleaner* yang dibuat.

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

Tahap 5	Kegiatan Pembelajaran
Melakukan proyek dengan menganalisis data, mempertimbangkan ukuran baling-baling dan penyaring, menghitung luas lingkaran dan kekuatan daya serap <i>simple vacuum cleaner</i> yang dibuat.	Langkah 1. Siswa bersama kelompok mulai memotong botol Aqua menjadi 2, sesuai ukuran yang disepakati. Dilanjutkan dengan melubangi bagian alas Aqua. Bagian tengah sebagai tempat dinamo dan lubang bagian pinggir mengelilingi lubang tengah sebagai tempat pembuangan udara.
	Langkah 2. Siswa bersama kelompoknya membuat baling-baling dari botol susu beruang yang dibentuk lingkaran lebih

Tahap 5	Kegiatan Pembelajaran
	kecil dari diameter Aqua, kemudian menentukan jumlah sayap baling-baling sesuai dengan pola bilangan yang sudah didiskusikan. Dilanjutkan membuat penyaring dari kain jaring, yang dibentuk lingkaran dengan diameter sama dengan botol Aqua.
	Langkah 3. Siswa bersama kelompoknya mencoba menyambungkan dinamo dengan <i>charger</i> bekas menggunakan kabel. Siswa memasang baling-baling pada dinamo untuk di uji coba. Siswa melakukan uji coba dengan menghubungkan dinamo ke sumber listrik.
	Langkah 4. Siswa bersama kelompoknya, menyambungkan selang pendek dengan bagian tutup botol Aqua. Dan membuat pegangan serta kaki <i>simple vacuum cleaner</i> yang dari kardus.
	Langkah 5. Siswa merangkai seluruh alat dan bahan yang sudah terbentuk, untuk dirangkai menjadi <i>simple vacuum cleaner</i> , kemudian siswa menguji coba alat yang sudah dibuat, mengevaluasi dan memperbaikinya.
	Langkah 6. Siswa bersama kelompoknya menghitung luas lingkaran yang sudah dibuat.

6. Tahap keenam yaitu laporan, dimana siswa melakukan presentasi hasil penelitian berdasarkan pembuatan *simple vacuum cleaner* dari botol bekas yang telah dilakukan. Pada tahap ini, dilakukan observasi untuk mengamati keterampilan metaliterasi siswa. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 6.

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

Tahap 6	Kegiatan Pembelajaran
Siswa memberikan laporan hasil penelitian terkait pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> dari botol bekas berdasarkan konsep perubahan energi, pola bilangan dan luas lingkaran.	Siswa membuat kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan.
	Siswa mengembangkan laporan penelitian tentang pemanfaatan botol bekas dalam mendesain <i>simple vacuum cleaner</i> berdasarkan konsep perubahan energi, pola bilangan dan luas lingkaran.
	Siswa melakukan presentasi di depan kelas.
	Guru mengevaluasi dan mengklarifikasi

Tahap 6	Kegiatan Pembelajaran
	semua hasil kegiatan penelitian siswa.
	Guru melakukan obeservasi terhadap keterampilan metaliterasi siswa dengan menggunakan lembar observasi.

3.1.4 Kerangka Instrumen Penilaian Kemampuan Metaliterasi Siswa

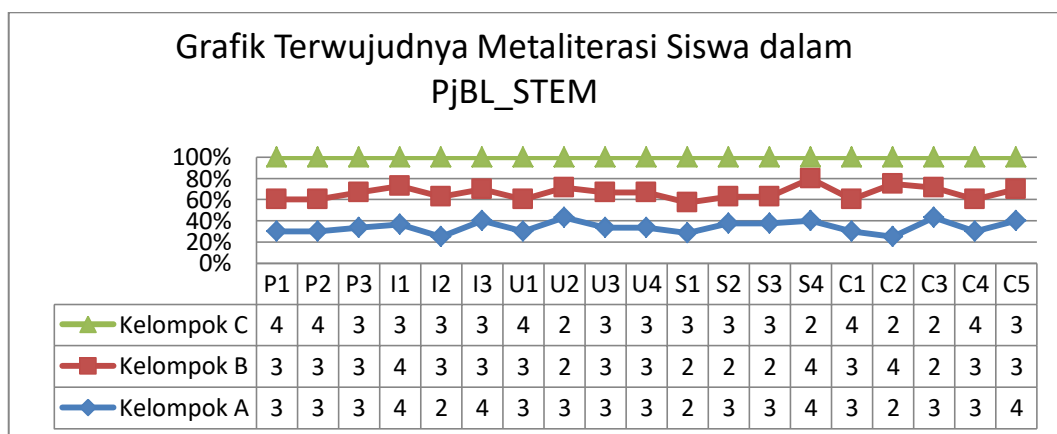
Berikut merupakan kerangka penilaian instrumen kemampuan metaliterasi siswa, dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kerangka instrumen penilaian kemampuan metaliterasi.

Indikator	Sub-Indikator	Materi Uji
<i>Produce</i> (memproduksi)	1. Mengidentifikasi sifat/karakteristik masalah. 2. Mendapatkan terobosan. 3. Mengembangkan/menentukan tahapan, fase atau sintaks.	1. Jelaskan kebermanfaatan pada <i>simple vacuum cleaner</i>. 2. Diskusikan desain pada <i>simple vacuum cleaner</i> yang tepat.
<i>Incorporate</i> (menyisipkan)	1. Mengidentifikasi desain dari solusi. 2. Menggeneralisasi. 3. Menggunakan aplikasi untuk mengintegrasikan hasil.	1. Identifikasi ukuran baling-baling yang sesuai. 2. Generalisasi teknik pembuatan pada <i>simple vacuum cleaner</i>. 3. Aplikasi yang digunakan dalam pembuatan pada <i>simple vacuum cleaner</i>.
<i>Use</i> (menggunakan)	1. Menguji atau menilai hasil. 2. Menganalisis hasil. 3. Menafsirkan hasil. 4. Menerapkan hasil.	1. Menganalisis konsep perubahan energi yang terjadi pada <i>simple vacuum cleaner</i>. 2. Menentukan jumlah sayap pada baling-baling <i>simple vacuum cleaner</i> dengan pola bilangan. 3. Menghitung luas lingkaran yang dibuat.
<i>Share</i> (membagi)	1. Menggunakan <i>Internet of Thing</i> untuk membagikan hasil. 2. Melakukan refleksi dan evaluasi terhadap umpan balik.	1. Membagikan video tutorial pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> melalui media sosial. 2. Mengevaluasi masukan dari teman. 3. Menganalisa tanggapan kelompok untuk

Indikator	Sub-Indikator	Materi Uji
	3. Mengevaluasi jumlah tanggapan teman. 4. Menganalisis tanggapan.	memperbaiki hasil temuan.
<i>Collaborate</i> (kolaborasi)	1. Bekerjasama dengan beberapa teman. 2. Memperbanyak temuan dengan meminta saran dari teman. 3. Mendorong teman lain untuk berbuat lebih banyak dan menyumbangkan temuan. 4. Mendapatkan karya bersama. 5. Menentukan kebermanfaatan bersama.	1. Bekerjasama dengan meninjau kekurangan hasil pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> . 2. Menentukan masalah terbuka terkait desain <i>simple vacuum cleaner</i> yang akan dibuat. 3. Menentukan kebermanfaatan bersama untuk mengembangkan pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> .

Dari hasil analisis indikator dan sub-indikator keterampilan metaliterasi dapat kita lihat pada grafik berikut:



Gambar 9. Grafik metaliterasi siswa dalam PjBL-STEM.

3.1.5 Tindak Lanjut Pengembangan Perangkat Pembelajaran

Untuk mengembangkan perangkat pembelajaran dalam penelitian ini, peneliti menggunakan model ADDIE yang dikembangkan oleh Dick *and* Carry. Model ADDIE merupakan singkatan dari *Analysis, Design, Development or Production, Implementation or Delivery and Evaluation* [10]. Berikut tahapan

pengembangan perangkat pembelajaran menggunakan model ADDIE: pertama: tahap analisis yaitu menganalisis karakteristik siswa, 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 yang digunakan yaitu silabus, RPP, LKPD, *pre-test*, *post-test*, dan instrumen penilaian lainnya, disiapkan oleh guru. 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 PjBL-STEM dalam meningkatkan metaliterasi siswa dalam mendesain desktop organizer dari limbah anorganik. Kelima: tahap evaluasi merupakan kegiatan refleksi untuk menilai apakah penerapan materi pembelajaran model PjBL dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan metaliterasi siswa dalam mendesain *simple vacuum cleaner* berdasarkan konsep perubahan energi dan luas lingkaran.

4. PEMBAHASAN

Hasil dari aktivitas pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM: pemanfaatan botol bekas dalam mengembangkan *simple vacuum cleaner* untuk meningkatkan metaliterasi siswa ini sangat bermanfaat untuk dipelajari. Hasil pembuatan *simple vacuum cleaner* ini dapat dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian lebih mendalam pada aktivitas penelitian berikutnya. Setidaknya terdapat dua kegiatan penelitian yang dapat dilakukan lebih lanjut, yaitu: (1) mengembangkan materi pembelajaran PjBL-STEM dengan model pengembangan ADDIE, (2) menganalisis implementasi pembelajaran PjBL-STEM untuk meningkatkan kemampuan metaliterasi siswa dalam pemanfaatan botol bekas untuk mengembangkan *simple vacuum cleaner*.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menggambarkan bagaimana sintaksis PjBL terintegrasi dengan pendekatan STEM. Hasil utama dari penelitian ini yakni sebuah produk hasil daur ulang botol bekas yang sangat bermanfaat sebagai alat kebersihan,

yakni *simple vacuum cleaner*. Alat tersebut merupakan hasil dari aktivitas pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM: pemanfaatan botol bekas dalam mengembangkan *simple vacuum cleaner* untuk meningkatkan metaliterasi siswa. Dari hasil pembuatan *simple vacuum cleaner* dalam penelitian ini, maka penelitian lanjutan dapat mudah dilakukan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan terimakasih kepada PUI-PT Kombinatorika dan Graf serta PGRI Jember karena telah memberikan bimbingan dan *support* dalam berbagai hal sehingga paper ini bisa diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afwan Zikri, dkk. 2015. Rancang bangun Robot Vacuum Cleaner berbasis Mikrokontroler. Universitas Andalas. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi terapan (SEMANTIK).
- [2] Ahmad fuad. 2015. Kajian Penambahan Manfaat Energi Kinetik Kipas Angin Rumah. *inosains*. Vol 10. No 2. 2015.
- [3] J B Manalu , P Sitohang, N H H Turnip. 2022. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Kurikulum Merdeka Belajar. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Dasar*, Vol 1. No 1 (2022).
- [4] Fitri, H., Dasna, I. W., Suharjo. 2018. Pengaruh Model Project Based Learning (PjBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Ditinjau dari Motivasi Berprestasi Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Riset dan konseptual*, Vol 3. No 2 (2018).
- [5] Mulyani, T. (2019). Pendekatan Pembelajaran STEM untuk Menghadapi Revolusi Industry 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana (PROSNAMPAS)*, 2(1): 453–460.
- [6] Nurlaili, B Veronika, O Cantika, D mustika. (2018). Daya Hisap Vacuum Cleaner sederhana. *Jurnal pendidikan Fisika dan Sains*. Vol 1. No 2. 2018.
- [7] O A Safiati, D Wiyanti, D Dafik, Z R Ridlo, R Adawiyah. Kerangka Aktivitas Research Based Learning dengan Pendekatan STEM: Pemanfaatan Cardboard Bekas dalam Mendesain Dispenser Sederhana Berdasarkan Konsep Hukum

Pascal dan Bernoulli serta Tekanan Hidrostatik untuk Meningkatkan Metaliterasi Siswa. RBL-STEM, Book Chapter, CGANT-UNEJ, p. 285-308.

- [8] P. Ponisri, M. H. Sukanto (2020). Pemanfaatan Limbah Anorganik Untuk Penataan Taman Di Kelurahan Malawe. Abdimas: Papua Journal Of Community Service.
- [9] Sufirman, Dafik, A Fatahillah. 2022. Pengembangan perangkat pembelajaran RBL-STEM untuk meningkatkan metaliterasi siswa menerapkan konsep relasi fungsi dalam menyelesaikan masalah dekorasi teselasi wallpaper. CGANT JMA -UNEJ, Volume 3, No 1, 2022.
- [10] Winarni, E.W. (2018). Teori dan Praktik Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. *Bumi Aksara, Jakarta*.
- [11] Basyari, I. W., Sugiarti, I. Y., & Karimah, N. I. (2022). Daur Ulang Limbah Kertas Menjadi Media Pembelajaran Literasi Peta pada KKG SD Kota Cirebon. *Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 87-96.

TENTANG PENULIS



Penulis utama (Siti Chususiyah, M.Pd) lahir di Jember pada tanggal 09 Maret 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan D2 Program Studi PGSD/MI pada tahun 2007 di UNDAR (Universitas Darul Ulum) Jombang. Kemudian melanjutkan Pendidikan S1-Tarbiyah di STAIFAS (Sekolah Tinggi Al Falah As-Sunniayah) Kencong, lulus tahun 2010. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan S1 PGSD di Universitas Terbuka di program studi BI dan lulus tahun 2015. Setelah itu penulis menyelesaikan pendidikan Program Magister Pendidikan Dasar, lulus pada tahun 2021 di Universitas Terbuka. Saat ini kegiatan penulis sebagai guru di UPTD Satuan Pendidikan SDN Karangduren 03, Kecamatan Balung, Kabupaten Jember. E-mail: chususiyahs@gmail.com.



Penulis ke-dua bernama Drs. H. Moh Said Ridlwan dan dilahirkan di Jember pada tanggal 05 Oktober 1963. Pada tahun 1986 beliau menyelesaikan pendidikan S1 Pendidikan Luar Sekolah di Universitas Moch. Seroedji Jember. Beliau sekarang menjabat sebagai kepala sekolah di UPTD Satuan Pendidikan SDN Karangduren 03, Kecamatan Balung, Jember. Email: mohsaidridlwan522@gmail.com.



Penulis ke-tiga bernama Surateman, S.Pd dan dilahirkan di Jember pada tanggal 15 Mei 1966. Pada tahun 1986 beliau menyelesaikan pendidikan S1 Bimbingan Konseling, dan lulus pada tahun 2014 dari IKIP PGRI Jember. Kemudian Beliau melanjutkan pendidikan di S1 PGSD, Universitas Terbuka dan lulus pada tahun 2021. Beliau sekarang mengajar di UPTD Satuan Pendidikan SDN Karangduren 03, Kecamatan Balung, Jember. Email: surateman30@gmail.com.



Penulis ke-empat bernama Dafik dan dilahirkan di Situbondo pada tanggal 2 Agustus 1968. Pada tahun 1987-1992 Beliau menempuh pendidikan tingkat S1 di Jurusan Pendidikan Matematika, Universitas Jember. Lalu pada tahun 1996-1998 Beliau menempuh pendidikan tingkat S2 bidang Matematika: Numerical Computation di University of Manchester Institute of Science and Technology Manchester, UK. Kemudian pada Tahun 2004-2007 Beliau menempuh pendidikan tingkat S3 bidang Matematika: Combinatorics and Graph Theory di University of Ballarat, Victoria, Australia. Lalu pada

tahun 2013 Beliau memperoleh gelar Profesor di bidang Combinatorics, Graph Theory dan Combinatorial Education dan menjadi Ketua Research Group CGANT UNEJ sejak tahun 2017. E-mail: d.dafik@unej.ac.id.



Penulis ke-lima bernama Zainur Rasyid Ridlo dan dilahirkan di Situbondo pada tanggal 23 Mei 1988. Pada tahun 2006-2012 Beliau menempuh pendidikan tingkat S1 di Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jember. Lalu pada tahun 2014-2016 Beliau menempuh pendidikan tingkat S2 di Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Jember. Setelah itu mulai tahun 2019 Beliau menjadi PNS di Universitas Jember, sebagai dosen

di Jurusan MIPA hingga sekarang. E-mail: zainur.fkip@unej.ac.id.



Penulis ke-enam bernama Ika Nur Maylisa dan dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 6 Mei 1994. Pada tahun 2013 hingga 2017 Beliau menempuh pendidikan tingkat S1 di Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Jember. Lalu pada tahun 2018-2020 Beliau menempuh pendidikan tingkat S2 di Program Studi Magister Pendidikan Matematika, Universitas Jember. Beliau menjadi pembantu peneliti di CGANT *research group*, Universitas Jember mulai tahun 2020 hingga sekarang.

E-mail: ikamaylisa46@gmail.com.