

BAB XIII

KERANGKA AKTIVITAS *RESEARCH BASED LEARNING* DENGAN PENDEKATAN STEM: PEMANFAATAN CARDBOARD BEKAS DALAM MENDESAIN DISPENSER SEDERHANA BERDASARKAN KONSEP HUKUM PASCAL DAN BERNOULLI SERTA TEKANAN HIDROSTATIS UNTUK MENINGKATKAN METALITERASI SISWA

O A Safiati⁵, D Wiyanti⁵, Dafik^{1,2,3}, Z R Ridlo^{3,4}, R Adawiyah¹

¹*Department of Math Education, Universitas Jember, Indonesia*

²*CGANT Research Group, Universitas Jember, Indonesia*

³*CEREBEL Research Group, Universitas Jember, Indonesia*

⁴*Department of Sciences Education, Universitas Jember, Indonesia*

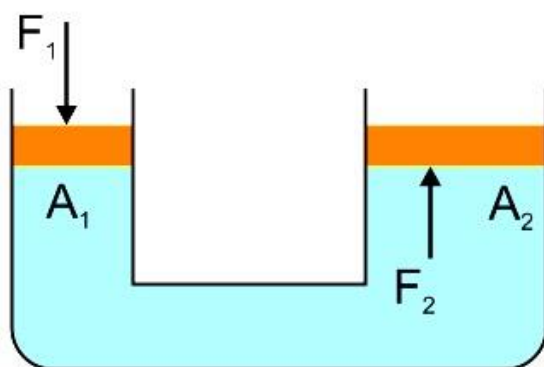
⁵*UPTD Satdik SDN Tegal Besar 04 Jember, Indonesia*

1. PENDAHULUAN

Di era industry 4.0, pemerintah semakin gencar memperbaiki sistem pendidikan. Usaha Kemendikbud dalam menjawab tantangan revolusi industry ini dengan menerapkan program merdeka belajar. Gebrakan merdeka belajar salah satunya bertujuan untuk membooster kemampuan minimum literasi siswa. Metaliterasi sangat dibutuhkan untuk mencangkup semua pencapaian literasi terutama literasi teknologi dan informasi. Literasi bukan hanya mengukur kemampuan membaca, namun kemampuan menerapkan konsep dalam kehidupan nyata. Pembelajaran Sains pada sekolah terutama pada sekolah dasar (SD) diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari alam sekitar, serta prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya di dalam kehidupan sehari-hari. Pada materi benda zat cair ada beragam benda cair pasti sudah sering dijumpai di lingkungan sekitar. Banyak sifat benda cair yang dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup manusia sehari-hari. Saat ini, dispenser air seolah telah menjadi perabotan elektronik rumah tangga yang wajib ada di rumah. Dispenser air menawarkan alternatif air yang sehat untuk diminum, daripada air keran, sehingga dispenser ini bisa menjadi salah satu pertimbangan untuk

keluarga yang menginginkan kesehatan dalam jangka panjang. Dispenser adalah alat yang praktis dan memudahkan. Hal tersebut bisa menjadi alasan bagi orang-orang harus memiliki dispenser air di rumah. Pada penggunaannya, dispenser menerapkan sifat benda cair yakni menekan ke segala arah tak lain merupakan prinsip hukum pascal dan tekanan hidrostatik. Dispenser berfungsi untuk mengalirkan air minum dari galon air minum ke gelas. Hukum Pascal (1658) *“Jika suatu zat cair dikenakan tekanan, maka tekanan itu akan merambat ke segala arah dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya”*. Hukum Pascal menyatakan bahwa *Tekanan yang diberikan zat cair dalam ruang tertutup diteruskan ke segala arah dengan sama besar*.

Setiap titik pada kedalaman yang sama memiliki besar tekanan yang sama. Hal ini berlaku untuk semua zat cair dalam wadah apapun dan tidak bergantung pada bentuk wadah tersebut. Apabila ditambahkan tekanan luar misalnya dengan menekan permukaan zat cair tersebut, pertambahan tekanan dalam zat cair adalah sama di segala arah. Jadi, jika diberikan tekanan luar, setiap bagian zat cair mendapat jatah tekanan yang sama (Lohat, 2008). Sesuai dengan hukum *Pascal* bahwa *tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah, maka tekanan yang masuk pada penghisap pertama sama dengan tekanan pada penghisap kedua* (Kanginan, 2007). Secara sistematis hukum pascal dapat dituliskan:



$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Keterangan :

F_1 = Gaya pada penampang 1

F_2 = Gaya pada penampang 2

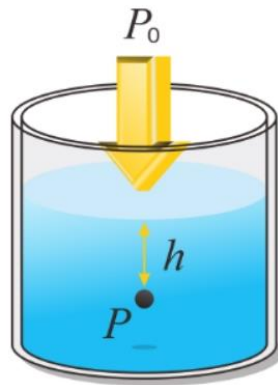
A_1 = Luas Penampang 1

A_2 = Luas Penampang 2

Gambar 1. Ilustrasi Hukum Pascal.

Dalam Serway RA, Jewett JW (2018), Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang ada pada zat cair terhadap suatu luas bidang tekanan pada kedalaman tertentu. Secara konseptual tekanan hidrostatik terjadi atas dasar hukum pascal. Tekanan hidrostatik adalah tekanan

yang diakibatkan oleh zat cair yang tidak bergerak atau diam pada suatu kedalaman tertentu. Tekanan yang diberikan zat cair pada kesetimbangan karena pengaruh gaya gravitasi. Besarnya tekanan hidrostatik bergantung pada ketinggian zat cair, massa jenis zat cair, serta percepatan gravitasi bumi. Tekanan hidrostatik menekan ke segala arah.



$$P_h = \rho g h + P_0$$

P_h : Tekanan Hidrostatik (N/m^2 atau Pa) $\gg 1$

$atm = 1 Pa$

ρ : Massa jenis (kg/m^3)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

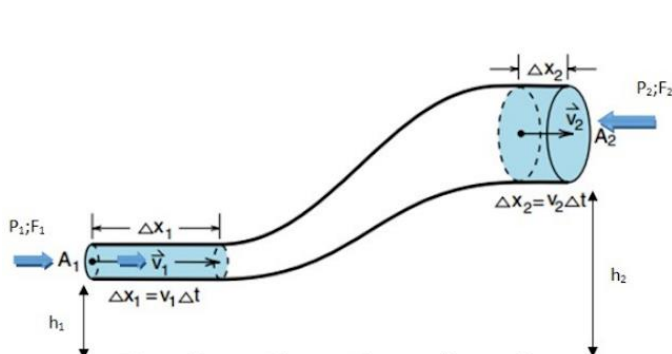
h : Kedalaman sebuah benda dari arah permukaan zat cair (m)

$P_h: \rho g h + P_0$

P_0 : Tekanan udara luar (1 atm / 76 cm Hg)

Gambar 2. Ilustrasi Tekanan Hidrostatik.

Semakin besar dari jarak titik ukur dengan arah permukaan air, maka akan semakin juga besar tekanan hidrostatik pada titik tersebut. Hukum Bernoulli adalah hukum yang berlandaskan pada hukum kekekalan energi yang dialami oleh aliran fluida. Hukum ini menjelaskan bahwa fluida yang bergerak lebih cepat akan menghasilkan lebih sedikit tekanan, dan sebaliknya, fluida bergerak lebih lambat akan menghasilkan tekanan yang lebih besar. Hukum ini menyatakan bahwa jumlah tekanan (P), energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume memiliki nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus. Jika dinyatakan dalam persamaan menjadi:



$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{konstan}$$

p = tekanan air (Pa)

v = kecepatan air (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian air (m)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

Gambar 3. Ilustrasi Hukum Bernoulli.

Dalam upaya pemahaman siswa menguasai konsep benda cair tersebut. siswa membuat dispenser sederhana dari *card board* dengan menerapkan prinsip hukum pascal dan tekanan hidrostatik yang terintegrasi dengan menghadirkan pemecahan masalah STEM di kelas pembelajaran. Siswa membuat ukuran dispenser dengan konsep luas permukaan bangun ruang serta jaring-jaring bangun ruang, kemudian membuat desain dispenser untuk menguji prinsip hukum pascal dan tekanan hidrostatik, selanjutnya dikembangkan alat RBL dan STEM dalam pembelajaran untuk meningkatkan metaliterasi siswa menghitung debit air berdasarkan prinsip hukum bernoulli. Berikutnya membuat karya kreatif video tutorial mengenai pembuatan dispenser sederhana sebagai bentuk pemahaman siswa. Dari hasil penelitian diketahui bahwa perangkat RBL dengan pendekatan STEM yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, efektif, dan praktis.

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 metaliterasi. 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 terakhir adalah melengkapi indikator dan sub indikator dari metaliterasi termasuk didalamnya adalah menunjukkan instrumen penilaiannya.

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Sintaks Model Research-Based Learning dengan Pendekatan STEM

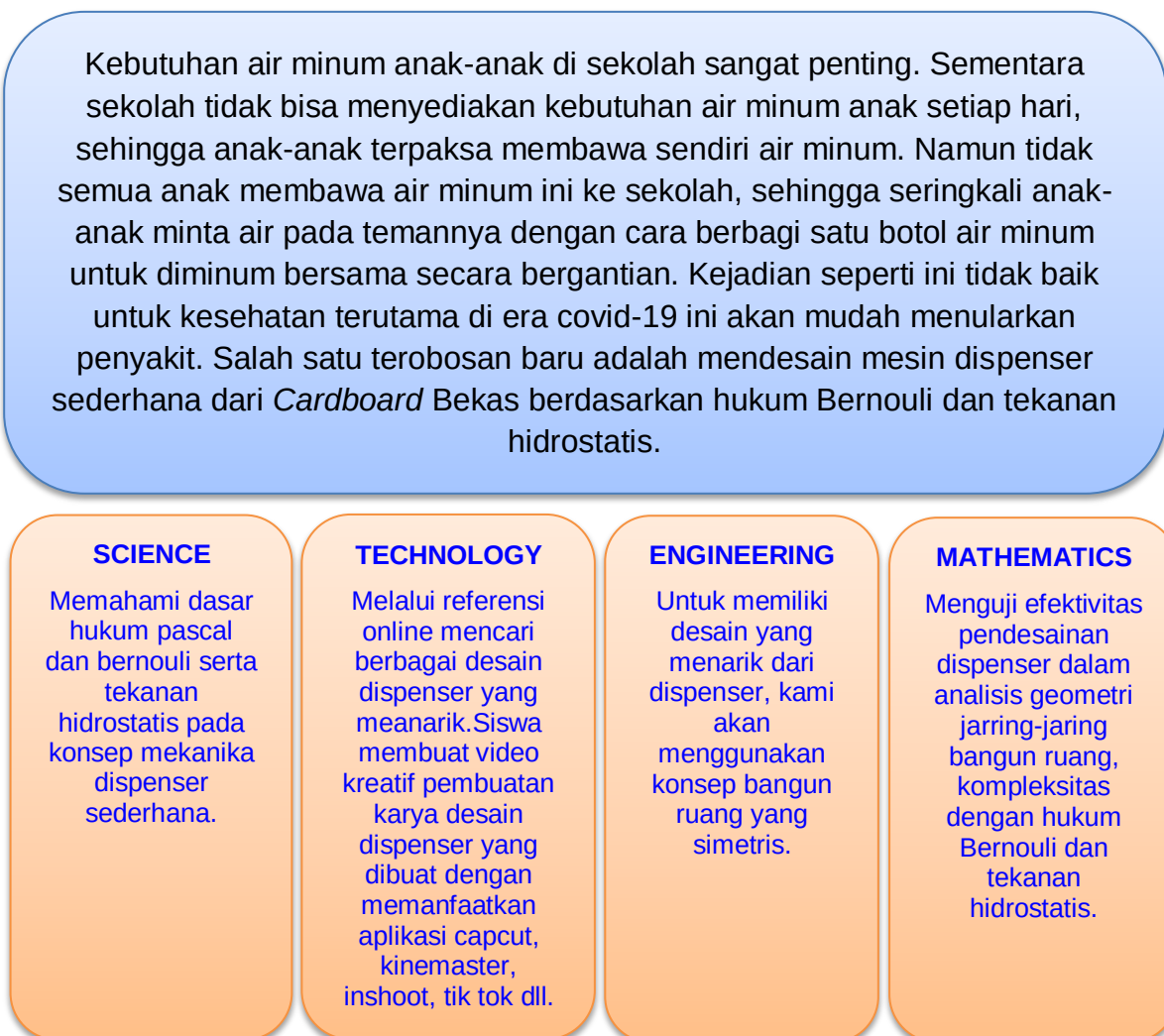
Berikut ini akan disajikan kerangka kerja untuk mengintegrasikan model *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEM dalam meningkatkan metaliterasi siswa dalam memecahkan masalah pemanfaatan cardboard bekas

dalam mendesain dispenser sederhana berdasarkan konsep hukum pascal dan bernouli serta tekanan hidrostatik. Kerangka kerja ini dikembangkan berdasarkan sintaks yang diusulkan dalam [1,5,8]. Kerangka kerja dikembangkan berdasarkan sintaks yang diusulkan dalam (Gita et al. 2021). Pada tahap awal sintaks RBL adalah mengajukan masalah yang timbul dari masalah terbuka kelompok peneliti. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan dispenser sederhana dari bahan *cardboard* bekas dengan menggunakan konsep hukum pascal serta tekanan hidrostatik yang kemudian dikembangkan untuk memecahkan masalah debit air pada pendesainan dispenser berdasarkan prinsip benoulli dengan melakukan percobaan 3 macam jenis benda cair (air, minyak dan sirup).

Menurut Irwan (dalam Mar'atus Arifiah, 2017) dispenser adalah salah satu alat rumah tangga yang menggunakan listrik untuk dapat memanaskan elemen pemanas dan menjalankan mesin pendingin nya. Dispenser ada yang menggunakan prinsip kerja dengan elemen pemanas dan mesin pendingin (compresor). Pendesainan dispenser sederhana ini dari *cardboard* harus dirancang secara efektif untuk memiliki simetris yang baik untuk menjaga keunikan desain dan bentuk khusus. Melalui pendesainan dispenser dari *cardboard* bekas ini, akan memecahkan masalah bangun ruang dan debit air secara efektif dan kontekstual. Secara detail *framework* integrasi *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEM ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Dalam penelitian ini akan mempertimbangkan ukuran pendesaianan dispenser sederhana dan juga ketelitian permukaan botol dan sedotan tidak ada celah sehingga terdapat tekanan air di dalam botol. Ukuran dispenser nantinya akan dijadikan bahan untuk menghitung luas permukaan bangun ruang, sehingga secara langsung siswa dapat menerapkan konsep perhitungan luas permukaan bangun ruang dari jaring-jaring yang di buat sendiri. Dalam RBL-STEM akan melakukan tahapan-tahapan sebagai berikut (1) permasalahan mendasar yang berkaitan dengan masalah bangun ruang dan debit air (2) memperoleh terobosan mendesain dispenser untuk menentukan jaring-jaring, volume & luas permukaan bangun ruang serta debet air, (3) pengumpulan data terkait dengan tipe data yang akan digunakan, (4) mengembangkan desain dispenser dengan menggunakan *cardboard*, (5)

menguji konsep hukum pascal dan burnouli serta tekanan hidrostatik pada dispenser yang dihasilkan (6) melaporkan hasil penelitian dan observasi metaliterasi siswa. Secara rinci framework integrasi RBL-STEM ini dapat dilihat pada Gambar 5.

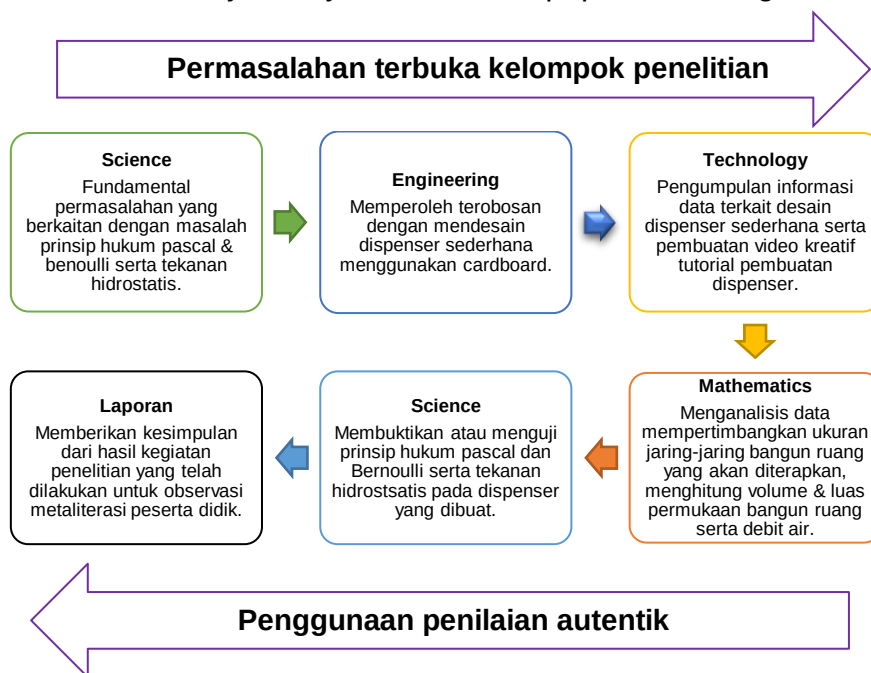


Gambar 4. Unsur-Unsur STEM pada pendesaianan dispenser sederhana.

3.1.1 *Capaian dan Tujuan Pembelajaran*

Capaian pembelajaran yang dicapai yaitu Siswa dapat mengembangkan desain dispenser dengan menerapkan prinsip hukum pascal dan bernouli serta tekanan hidrostatik khususnya dalam penerapan konsep pembuatan jaring-jaring dan menghitung volume dan luas permukaan bangun ruang dengan menggunakan cardboard. Siswa juga dapat menguji apakah dispenser yang dihasilkan dapat diuji secara umum dengan menggunakan pendekatan

analitik dan kualitatif dan memperoleh beberapa kemungkinan desain unik dispenser. Tujuan pembelajaran yang dihasilkan *Research-Based Learning* dengan pendekatan STEM akan memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan di bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika. Tujuan-tujuan tersebut dipaparkan sebagai berikut.



Gambar 5. *Framework* sintaks *Research-Based Learning* dengan STEM.

a. Sains

Siswa diharapkan untuk memahami konsep penerapan prinsip hukum pascal dan tekanan hidrostatik pada pemanfaatan dispenser di rumah, mengetahui waktu yang diperlukan untuk menghitung debit air berdasarkan prinsip hukum Bernoulli, menganalisis strategi penghematan waktu untuk melakukan berbagai pekerjaan, memahami perbedaan kerapatan massa jenis benda cair dapat mempengaruhi kecepatan aliran.

b. Teknologi

Siswa diharapkan mampu menggunakan browser web untuk mengidentifikasi prinsip hukum pascal dan Bernoulli, menggunakan situs researchgate untuk menemukan studi tentang tekanan hidrostatik, gunakan channel Youtube untuk mengetahui tutorial pembuatan dispenser air minum, memanfaatkan aplikasi video kreatif sebagai media pembuatan

tutorial dispenser yang akan dibuat. Menggunakan media sosial untuk membagikan hasil riset.

c. Teknik

Siswa diharapkan mampu mengembangkan perhitungan rangka dispenser yang tepat sesuai dengan konsep jaring-jaring bangun ruang, menerapkan teknik pembuatan saluran air pada dispenser berdasarkan prinsip hukum pascal dan tekanan hidrostatik.

d. Matematika

Siswa diharapkan mampu menganalisis serta menggeneralisasi masalah masalah jaring-jaring, volume dan luas permukaan bangun ruang yang sangat berguna dalam proses mendesain dispenser air minum, memahami masalah - masalah debit air yang sangat berguna untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk mengisi air dalam kamar mandi, dan menganalisis strategi perhitungan dalam mengkonstruksi sebuah bangunan.

3.1.2 *Pemanfaatan Cardboard Bekas dalam Mendesain Dispenser Sederhana*

Unsur Sains (Science Element)

Mengapa air dari galon tidak merembes keluar. Air yang baru dipasang hampir tidak merembes keluar. Tetapi, jika air dalam galon hampir habis, kadang ada sedikit rembesan keluar dan membasahi bagian atas dispenser. Mengapa? Mengapa? Jawabannya adalah karena adanya tekanan hidrostatik. Air yang ada di dalam galon akan menekan tutup galon sehingga menempel kuat pada bagian penyangga dari dispenser yang ada di sebelah bawah (yang bersentuhan dengan tutup galon). Tekanan tersebut bergantung pada ketinggian air dalam galon.

Dispenser merupakan perabotan rumah untuk menempatkan galon dan mengeluarkan air. Fungsi dari dispenser adalah untuk memudahkan seseorang mengakses atau mengambil air minum. lihat Gambar 6. Dispenser harus dirancang secara efektif untuk memiliki desain yang simetris dan baik. Desain ini juga harus dirancang untuk menjaga keunikan desain dan juga kesimetrisan bangun yang dirancang.



Gambar 6. Berbagai macam desain dispenser.

Unsur Teknologi (Technology Element)

Pembuatan video kreatif tutorial pembuatan dispenser sederhana melalui android, Perangkat lunak dalam membuat video tutorial seperti KineMaster, InShot, Cap Cut, Snack Video, Tik tok dan banyak aplikasi lainnya. Pembuatan video tutorial ini dapat membantu siswa dalam memahami konsep bangun ruang, debit air serta prinsip hukum pascal & benoulli serta tekanan hidrostatik yang melibatkan siswa secara langsung untuk menyelesaikannya.



Gambar 7. Ilustrasi pembuatan video kreatif tutorial dispenser sederhana dengan menggunakan aplikasi Cap Cut.

Dalam penelitian ini kami menggunakan Aplikasi Capcut untuk membuat tutorial pembuatan dispenser sederhana dari cardboard bekas. Aplikasi Cap Cut sudah tidak asing lagi bagi siswa yang terbiasa membuat video tik tok dalam pembuatan konten pribadinya. Sehingga perlu peran guru untuk memanfaatkan hal tersebut untuk dapat terintegrasi kedalam pembelajaran. Sehingga siswa akan tertarik untuk mengikuti pembelajaran untuk melatih skill nya dalam membuat konten video kreatif.

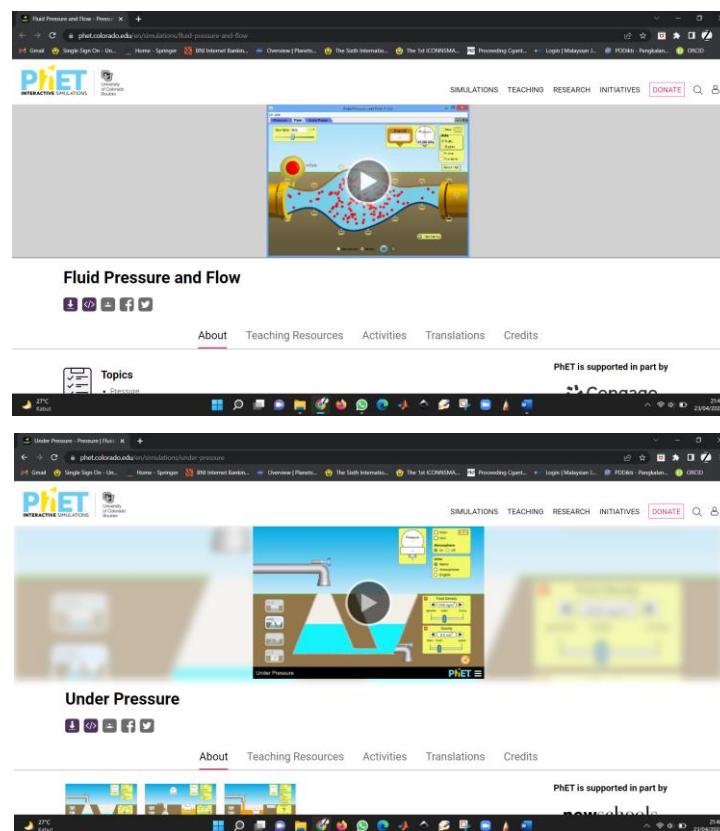
Untuk ilustrasi penggunaan aplikasi Cap cut dalam pembuat tutorial dispenser dapat dilihat pada Gambar 7. Aplikasi ini dapat diakses secara online & gratis. Berikut contoh hasil video tutorial yang dihasilkan siswa dengan aplikasi Cap Cut.

Penggunaan teknologi yang berkaitan dengan simulasi konsep tekanan hidrostatik dalam diakses di website Phet Colorado. Phet Didirikan pada tahun 2002 oleh Pemenang Nobel Carl Wieman, proyek Simulasi Interaktif PhET di University of Colorado Boulder menciptakan simulasi matematika dan sains interaktif gratis.



Gambar 8. QR Code hasil video tutorial kerja siswa.

Sim PhET didasarkan pada penelitian pendidikan yang ekstensif dan melibatkan siswa melalui lingkungan yang intuitif seperti permainan di mana siswa belajar melalui eksplorasi dan penemuan. Phet menghadirkan visualisasi konsep tekanan hidrostatik yang dapat diakses pada website berikut (<https://phet.colorado.edu/en/simulations/fluid-pressure-and-flow>).



Gambar 9. Simulasi Tekanan Hidrostatik pada Phet.

Unsur Keteknikan (*Engineering Element*)

Adapun alat dan bahan yang perlu dipersiapkan dalam membuat dispenser sederhana diantaranya:

- 3 Botol plastik bekas ukuran 1,5 Liter
- Penggaris dan spidol
- Gunting dan cutter
- Lem tembak
- 3 buah sedotan



Gambar 10. Ilustrasi teknik mendesain dispenser.



Gambar 11. Proses pembuatan dispenser sederhana dengan menggunakan *cardboard* bekas.

Cara membuat:

Siapkan kardus bekas, buatlah jaring-jaring balok sesuai ukuran yang kamu inginkan, lem bagian sisi kardus dan bingkai bagian depan untuk tempat gelas, lubangi bagian tengah atas balok untuk tempat botol plastic, siapkan botol plastic, beri tanda titik pada bagian bawah botol, tusuk titik tadi dengan menggunakan pisau dan gunting bagian botol yang sudah ditandai tadi, selanjutnya masukkan sedotan dalam tutup botol yang sudah dilubangi, lem bagian pinggir sedotan dan tutup botol supaya tidak ada celah, uji botol apakah ada celah. Lakukan hal yang sama pada botol yang lain. Letakkan botol didalam dispenser yang sudah dibuat masukkan sedotan yang ada pada botol pada dispenser bagian bawahnya.



Unsur Matematika (*Mathematics Element*)

Konsep dalam Matematika dapat digunakan untuk menguji kesimetrisan dan keakuratan perhitungan ukuran jaring-jaring bangun ruang dalam pembuatan dispenser sederhana. Terdapat berbagai variasi bentuk serta ukuran dispenser yang dapat dihasilkan dengan melakukan analisis matematika.

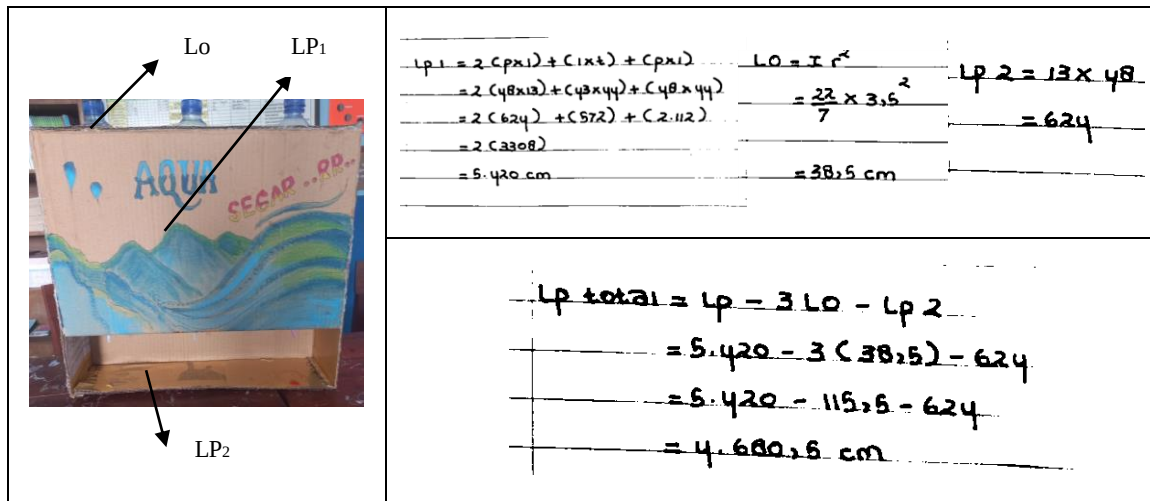


Gambar 12. Ilustrasi konsep pengukuran jaring-jaring bangun ruang.

Dalam hal ini, siswa mampu mempelajari berbagai bentuk jaring-jaring bangun ruang serta konsep luas permukaan bangun ruang. Fungsi matematika dan perhitungannya supaya terbentuk desain dispenser yang simetris. Gambar 12 menunjukkan contoh pengukuran jaring – jaring bangun ruang dalam pembuatan dispenser sederhana dari cardboard bekas. Pada Gambar 13, kita bisa melihat contoh pengerjaan hasil perhitungan luas permukaan bangun ruang yang sudah siswa kerjakan.

Selain belajar mengenai konsep jaring-jaring bangun ruang serta konsep luas permukaan bangun ruang, siswa juga bisa mempelajari konsep mengenai sisi, rusuk, titik sudut, serta volume suatu bangun ruang secara bersamaan

melalui pembuatan dispenser sederhana menggunakan *cardboard* bekas. Guru bisa mengintegrasikan berbagai konsep dalam pembelajaran matematika dalam satu aktivitas siswa.



Gambar 13. Ilustrasi hasil perhitungan luas permukaan dispenser.



Gambar 14. Ilustrasi konsep Hukum Bernoulli untuk menghitung debit air.

Pembelajaran lain yang bisa dipelajari oleh siswa secara terintegrasi yaitu pembelajaran mengenai konsep perhitungan kecepatan aliran suatu benda cair. Secara umum kesulitan siswa dalam penguasaan konsep benda cair menekan ke segala arah yang terdapat pada sistem kerja dispenser berdasarkan prinsip hukum pascal yang bekerja pada tekanan hidrostatik. Di samping itu terdapat siswa juga kesulitan dalam menyelesaikan masalah bangun ruang dan debit air. Pada gambar 10 merupakan ilustrasi percobaan dengan 3 macam jenis benda cair yang memiliki kerapatan massa jenis dan tekanan yang berbeda. Percobaan tersebut bertujuan agar supaya siswa dapat memahami kerapatan massa jenis benda cair mempengaruhi kecepatan aliran dan juga dapat

menyelesaikan debit air dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi ruang. Dari hasil percobaan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan debit benda cair.

No	Benda cair	Volume	Waktu	Debit
1.	Air	100ml	00.15.29	0,107 ml/dtk
2.	Minyak	100ml	01.10.47	0,023 ml/dtk
3.	Sirup	100ml	05.07.35	0,00054 ml/dtk

Dari hasil riset yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari ketiga jenis benda cair memiliki tingkat kerapatan yang berbeda sehingga waktu untuk mengalirkan cairan tersebut dengan volume yang sama membutuhkan waktu yang berbeda pula.

Setelah melakukan pembelajaran RBL yang terintegrasi dalam STEM siswa telah mampu memahami permasalahan tersebut. Penelitian ini diharapkan untuk membantu para peneliti lainnya dalam mencari solusi untuk meningkatkan penguasaan konsep pada materi benda cair (hukum pascal dan bernoulli serta tekanan hidrostatik) serta konsep bangun ruang dan debit air dalam kehidupan sehari-hari.

3.1.3 *Pembelajaran Berbasis Riset dengan Pendekatan STEM dalam Pembuatan Dispenser dari Cardboard*

Pada bagian ini akan dibahas satu per satu enam tahapan model pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM. Keenam tahapan tersebut akan menggambarkan bagaimana siswa dalam proses pembelajaran dengan model pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM tentang pembuatan dispenser sederhana dari cardboard untuk meningkatkan metaliterasi siswa dalam menyelesaikan masalah bangun ruang dan debit air.

1. Tahap pertama (*science*) terdapat masalah mendasar terkait dengan pemahaman sifat benda cair (hukum pascal dan Bernoulli serta tekanan hidrostatik). Pembuatan dispenser ini harus dirancang secara efektif berdasarkan prinsip hukum pascal & tekanan hidrostatik agar dispenser berfungsi sempurna. Berikut akan dijelaskan lebih rinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Kegiatan pembelajaran STEM pada tahap 1.

Tahap 1	Kegiatan Pembelajaran
Mengajukan permasalahan tentang pemanfaatan jaring – jaring bangun ruang	Guru bertanya kepada siswa, dari jaring-jaring bangun ruang yang pernah kalian buat dari cardboard supaya menjadi lebih bermanfaat bisa dibuat apa saja.
	Guru menunjukkan kepada siswa varian benda yang terbuat dari jaring-jaring bangun ruang dari cardboard yang bermanfaat dalam kehidupan nyata.
	Siswa bekerja mengembangkan dasar konstruksi pembuatan dispenser dari cardboard dan mencoba menganalisis model dispenser yang menarik
	Siswa mulai melakukan diskusi

2. Tahap kedua (*engineering*) mengembangkan varian – varian dispenser dari cardboard dengan mempertimbangkan bahan yang mudah di dapat, efektif dan menarik untuk meningkatkan metaliterasi siswa dalam pembuatan dispenser sederhana. Guru meminta siswa untuk mengidentifikasi beberapa varian dispenser yang bisa dibuat dengan tepat. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 3.

Tabel 3. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 2.

Tahap 2	Kegiatan Pembelajaran
Mengembangkan varian dispenser berdasarkan prinsip hukum pascal dan tekanan hidrostatik pada pembuatan dispenser sederhana	Guru membimbing siswa mendiskusikan prinsip hukum pascal dan tekanan hidrostatik. Bagaimana prinsip proses kerja dispenser dari cardboard dan botol bekas
	Guru menjelaskan kepada siswa bahwa dalam pembuatan dispenser pada botol tidak boleh ada celah udara karena akan menyebabkan kebocoran
	Siswa diminta untuk menentukan varian dispenser yang akan dibuat dan menguji botol yang sudah dirancang

3. Tahap ketiga (*technology*), pada pembuatan video tutorial pembuatan dispenser dari cardboard menggunakan aplikasi Cap Cut. Perhatikan Tabel 4 untuk lebih jelasnya.

Tabel 4. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 3.

Tahap 3	Kegiatan Pembelajaran
Mengumpulkan data sekaligus menelusuri sumber terkait hal-hal yang diperkukan untuk proses penyelesaian masalah dan memahaminya	Siswa dengan bimbingan guru melakukan searching tentang contoh pembuatan video tutorial dispenser
	Siswa mengumpulkan foto dan video dokumentasi saat pembuatan dispenser dari cardboard
	Siswa menggunakan aplikasi capcut untuk membuat video tutorial pembuatan dispenser sederhana.

4. Tahap keempat (*mathematics-engineering*) adalah pembuatan 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 5.

Tabel 5. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 4.

Tahap 4	Kegiatan Pembelajaran
Pembuatan jaring jaring balok sesuai dengan ukuran yang tepat	Siswa menentukan ukuran jaring jaring balok yang sesuai dengan ukuran botol yang akan digunakan
	Siswa melakukan perhitungan diameter lingkaran untuk lubang leher botol
	Siswa melakukan pengecekan ukuran apakah sudah tepat dan sesuai dengan ukuran botol dengan menghitung volume balok dan botol.
	Setelah dispenser berhasil dibuat siswa melakukan riset perhitungan debit air, minyak dan sirup yang dikeluarkan dari dispenser yang telah dibuat.

5. Tahap kelima (*mathematics*) adalah percobaan menghitung debit air berdasarkan prisp hukum bernoulli terhadap benda cair yang berbeda. Benda cair yang digunakan yaitu H₂O, minyak goreng dan sirup.

Tabel 6. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 5.

Tahap 5	Kegiatan Pembelajaran
Percobaan menghitung debit air berdasarkan prinsip hukum Bernoulli terhadap benda cair	Siswa menyiapkan 3 botol dengan ukuran yang sama namun berisi cairan yang berbeda.
	Dengan bimbingan guru siswa menentukan waktu yang sama untuk mengalirkan 3 cairan dalam botol tersebut.
	Siswa mengidentifikasi cairan yang lebih lambat dan lebih cepat mengalir.
	Siswa menghitung debit cairan yang telah tertuang dalam gelas sesuai dengan waktu yang ditentukan dari ketiga jenis cairan tersebut
	Siswa membuat kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan.

6. Tahap keenam (RBL) report dilakukan oleh siswa untuk melakukan presentasi hasil penelitian terkait pembuatan dispenser sederhana hingga perhitungan debit air yang dikeluarkan. Dalam hal ini siswa mengikuti *focus group discussion* (FGD) sehingga dapat mengamati keterampilan metaliterasi siswa. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 7.

Tabel 7. Kegiatan pembelajaran RBL-STEM pada tahap 6.

Tahap 6	Kegiatan Pembelajaran
Mempresentasikan hasil penelitian siswa terkait pembuatan dispenser sederhana dari cardboard berdasarkan konsep hukum pascal & Bernoulli serta tekanan hidrostatik	Siswa mengembangkan laporan penelitian tentang konsep hukum pascal dan tekanan hidrostatik pada pembuatan dispenser sederhana
	Siswa mengembangkan laporan percobaan berdasarkan hukum Bernoulli pada perhitungan debit air, minyak dan sirup
	Siswa melakukan presentasi di depan kelas untuk melakukan focus group discussion (FGD)
	Guru mengevaluasi dan mengklarifikasi semua hasil kegiatan penelitian siswa
	Guru melakukan observasi terhadap keterampilan metaliterasi siswa dengan menggunakan lembar observasi

3.1.4 Kerangka instrument Penilaian Kemampuan Metaliterasi Siswa

Berikut merupakan kerangka penilaian instrument kemampuan metaliterasi mahasiswa, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kerangka instrument 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 dispenser 2. Diskusikan desain dispenser yang tepat
<i>Incorporate</i> (menyisipkan)	1. Mengidentifikasi desain dari solusi 2. Menggeneralisasi 3. Menggunakan aplikasi untuk mengintegrasikan hasil	1. Identifikasi ukuran jaring-jaring yang sesuai 2. Generalisasi Teknik pembuatan dispenser dari jaring-jaring 3. Aplikasi yang digunakan dalam pembuatan dispenser
<i>Use</i> (menggunakan)	1. Menguji atau menilai hasil 2. Menganalisis hasil 3. Menafsirkan hasil 4. Menerapkan hasil	1. Menganalisis konsep hukum pascal dan tekanan hidrostatik pada dispenser
<i>Share</i> (membagi)	1. Menggunakan Internet of thing untuk membagikan hasil 2. Melakukan refleksi dan evaluasi terhadap umpan balik 3. Mengevaluasi jumlah tanggapan teman 4. Menganalisis tanggapan	1. Membagikan video tutorial pembuatan dispenser melalui media sosial 2. Mengevaluasi masukan dari teman 3. Menganalisa tanggapan kelompok untuk memperbaiki hasil temuan

Indikator	Sub-indikator	Materi uji
<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 dispenser 2. Menentukan masalah terbuka terkait desain dispenser yang akan dibuat 3. Menentukan kebermanfaatan bersama untuk mengembangkan pembuatan dispenser

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 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 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 RBL-STEM dalam meningkatkan metaliterasi siswa dalam mendesain dispenser sederhana berdasarkan konsep hukum pascal dan hukum Bernoulli serta tekanan hidrostatik. Kelima: Tahap evaluasi merupakan kegiatan refleksi untuk menilai apakah penerapan materi pembelajaran model RBL dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan metaliterasi siswa dalam

siswa dalam mendesain dispenser sederhana berdasarkan konsep hukum pascal dan hukum Bernoulli serta tekanan hidrostatik.

4. PEMBAHASAN

Hasil dari aktivitas pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM: pemanfaatan *cardboard* bekas untuk meningkatkan metaliteracy siswa dalam mendesain dispenser sederhana berdasarkan konsep hukum pascal dan bernoulli serta tekanan hidrostatik ini sangat bermanfaat untuk dipelajari. Hasil pembuatan dispenser ini akan menjadi pedoman dalam melakukan penelitian lebih mendalam pada aktivitas penelitian berikutnya. Setidaknya ada tiga kegiatan penelitian lagi yang dapat dilakukan lebih lanjut yakni (1) menganalisis masalah yang berkaitan dengan tekanan fluida pada prinsip hukum pascal, (2) menganalisis masalah yang berkaitan dengan kecepatan fluida pada prinsip hukum Bernoulli, dan (3) menganalisis masalah yang berkaitan dengan tekanan yang disebabkan oleh gravitasi pada prinsip tekanan hidrostatik.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menggambarkan bagaimana sintaksis RBL yang terintegrasi dengan pendekatan STEM. Hasil utama adalah sebuah produk yang sangat bermanfaat untuk kemudahan dalam menyimpan air sebagai hasil dari aktivitas pembelajaran berbasis riset dengan pendekatan STEM: pemanfaatan *cardboard* bekas untuk meningkatkan metaliteracy siswa dalam mendesain dispenser sederhana berdasarkan konsep hukum pascal dan bernoulli serta tekanan hidrostatik. Termasuk hasil pembuatan dispenser dalam penelitian ini, maka penelitian lanjutan dapat 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 terimakasih.

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] Arifiah, Mar'atus (2017). *Dispenser Pemantau Konsumsi Air Minum Berbasis Mikrokontroler Atmega328p*. D3 thesis, Fakultas Teknik. Tersedia di : <http://eprints.uny.ac.id/60702/> dan html diakses pada 12 Mei 2022 pukul 01.15 WIB
- [3] Asmawati, E.Y.2014. mengukur laju air keluar dari botol pada tiap lubang dengan ketinggian tertentu [Online] tersedia: <https://www.fkip.ummetro.ac.id/journal/index.php/fisika/article/view/114-dan.html> diakses pada 12 Mei 2022 pukul 12.15 WIB
- [4] Blackmore, P., & Fraser, M. (2007). Research Based Learning Strategies for Successfully Linking Teaching and Research. *Journal of Education*, 13(2), 1–13.
- [5] Cahyono, T. Y. 2021. Menggali Persepsi Mahasiswa Jurusan Ilmu Sosial tentang Literasi Informasi dan Penggunaan Ponsel di Pendidikan Tinggi. *College and Research Libraries*.
- [6] Dafik, Suciato, 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.
- [7] Fitriyah, Q. Setyawan, A. D. S., PrihadiEko W, M. 2020. Aplikasi Hukum Bernoulli Pada Alat Peraga Flow Meter Untuk Praktikum Mekanika Fluida. Prosiding Seminar Nasional NCIET. Vol 1, No 1 (2020).
- [8] 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).
- [9] Kanginan, Marthen. 2007. Fisika untuk SMA Kelas XI. Jakarta: Erlangga.
- [10] Lohat, A.S. 2008. Prinsip Pascal. (<http://www.gurumuda.com/prinsip-pascal.html>), diakses 21 Mei 2017).

- [11] Madadina Dwi Andini M. D., Suherman, A., Antarnusa, G. 2019. Rancang Bangun Alat Praktikum Hukum Bernoulli Pada Fluida Ideal. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Vol. 2, No.1, 2019, hal. 379-382
- [12] Marzuki.2021. Penerapan konsep hukum Bernoulli untuk mengatasi krisis air pada kelompok tani padi di kenagarian katialo kabupaten solok. Jurnal Hilirisasi IPTEKS Vol 4 No.1 Maret 2021.
- [13] Safiati, O. A., Dafik, Prastiti, T. D., & Ridlo, Z. R. (2021). On student's metacognition skill in solving division operation under the research-based learning implementation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 747(1).
- [14] Serway RA, Jewett JW. Physics for scientists and engineers with modern physics. Cengage learning; 2018.
- [15] Zulfa, S. I., Ainun Nikmah and E. Khoirun Nisak. 2020. Analisis Penguasaan Konsep pada Tekanan Hidrostatik dan Hukum Pascal Mahasiswa Pendidikan Fisika . tersedia: <https://pdfs.semanticscholar.org/1fd3/2744c551bff22fc7c6fe1149f2421f78f5b7.pdf> dan html diakses pada 12 Mei 2022 pukul 01.15 WIB

TENTANG PENULIS



Penulis utama (Octi Anis Safiati, M.Pd) lahir di Jember pada tanggal 14 Oktober 1988. Menyelesaikan Pendidikan D2 Program Studi PGSD pada tahun 2008 di Universitas Jember. Kemudian melanjutkan Pendidikan S1 PGSD di Universitas Terbuka lulus tahun 2014 dan menyelesaikan Pendidikan Program Magister Pendidikan Dasar lulus tahun 2021 di Universitas Terbuka. Saat ini kegiatan penulis sebagai guru di UPTD Satuan Pendidikan SDN Tegal Besar 04 Jember. E-mail: octyanis@gmail.com.



Penulis dua bernama Dyah Wiyanti dan dilahirkan di Pacitan pada tanggal 2 April 1975. Pada tahun 1993-1996 Beliau menempuh pendidikan D2 Program Studi PGSD di IKIP Surabaya. Lalu pada tahun 2003-2005 Beliau menempuh pendidikan tingkat S1 Jurusan PPKn di IKIP PGRI Bojonegoro. Beliau sekarang mengajar di UPTD Satuan Pendidikan SDN Tegal Besar 04 Jember E-mail: dyahwiyanti75@gmail.com.



Penulis tiga 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 empat 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 lima bernama Robiatul Adawiyah dan dilahirkan pada tanggal 31 Juli 1992. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat strata I di Universitas Jember dan mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.) pada tahun 2014. Penulis kemudian melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan berhasil mendapatkan gelar Magister Sains (M.Si.) pada tahun 2016. Penulis merupakan dosen di Program Studi Magister Pendidikan Matematika Universitas Jember. Email: robiatul@unej.ac.id.