

# Analisis Pemahaman Konsep Matematis Siswa pada Materi Lingkaran Melalui Penerapan Model Pembelajaran PjBL Berbasis STEAM dengan Media Kincir Air

Nurwati Djam'an<sup>1</sup>, Nur Hidayah<sup>2</sup>, Melyana Toti<sup>3</sup>, Rustam<sup>4</sup>, Nur Cahyani Putri Dewi<sup>5</sup>

Universitas Negeri Makassar<sup>1,2,3,4,5</sup>

[nurwati\\_djaman@unm.ac.id](mailto:nurwati_djaman@unm.ac.id)<sup>1</sup>, [nurhidayah93775@gmail.com](mailto:nurhidayah93775@gmail.com)<sup>2</sup>, [melyanatoti264@gmail.com](mailto:melyanatoti264@gmail.com)<sup>3</sup>,  
[rustamtkj1.1@gmail.com](mailto:rustamtkj1.1@gmail.com)<sup>4</sup>, [nurcahyani2507@gmail.com](mailto:nurcahyani2507@gmail.com)<sup>5</sup>

Corresponding Author: Nurwati Djam'an, E-mail: [nurwati\\_djaman@unm.ac.id](mailto:nurwati_djaman@unm.ac.id)

---

## ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the mathematical concept understanding of students in class VIII-B on the topic of circles through a STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) approach based on Project-Based Learning (PjBL) using a water wheel as a medium. The research method used was qualitative descriptive with data collection techniques through concept understanding tests and interviews. The subjects of the study were students in class VIII-B at SMP Kartika XX-1 in Makassar, who were selected based on their level of conceptual understanding. The results of the study showed that the STEAM approach through the water wheel project increased student engagement and provided a concrete learning experience in understanding the concept of circles. Students with high understanding demonstrated good conceptual ability and application, while students with low understanding had difficulty connecting concepts with practice. Secara umum, seluruh siswa menunjukkan antusiasme yang tinggi selama pembelajaran berlangsung. This study recommends the STEAM project-based approach as an effective and contextualized teaching strategy to improve students' mathematical understanding.

## KEYWORDS

Understanding, Circle, STEAM, Project-Based Learning, Water wheel.

## ARTICLE DOI:

<https://doi.org/10.53696/venn.v4i2.284>

---

## A. Pendahuluan

Pendidikan matematika berperan penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, logis, dan analitis pada siswa (Cynthia, 2023). Keterampilan abad ke-21 yang juga meliputi literasi digital dan teknologi, kreativitas, serta pemecahan masalah, menuntut pembelajaran matematika untuk bertransformasi ke arah yang lebih kontekstual dan aplikatif. Pendekatan terkini dalam pendidikan matematika mendorong siswa untuk berpikir kreatif agar dapat membangun pemahaman konseptual yang mendalam dan mampu menyelesaikan masalah dalam berbagai konteks. Namun, berbagai hasil studi menunjukkan bahwa tingkat pemahaman matematika siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Menurut laporan *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022, Indonesia berada di peringkat ke-69 dari 80 negara dengan skor total 1.108, masih berada di bawah rata-rata negara anggota OECD (GoodStats, 2023). Pencapaian ini pun belum memenuhi target yang ditetapkan dalam *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional* (RPJMN) 2024 (Medcom, 2023), yang mengindikasikan perlunya inovasi dalam pendekatan pembelajaran matematika yang tidak hanya berfokus pada aspek kognitif, tetapi juga pada penguatan keterampilan abad ke-21 secara menyeluruh (Djam'an dkk, 2023).

Temuan tersebut diperkuat oleh hasil riset dalam negeri yang mengindikasikan rendahnya penguasaan konsep matematika di kalangan siswa. Sebagai contoh, penelitian oleh Junaidi et al. (2022) melaporkan bahwa rata-rata pemahaman konsep siswa hanya mencapai 24,72%, menunjukkan bahwa banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep matematika secara mendalam.

Sementara itu, Suryadi dan Rahayu (2023) mengungkapkan bahwa hanya 30% siswa yang mampu memahami konsep matematika dengan baik, sedangkan sebagian besar lainnya masih kesulitan dalam mengaitkan teori dengan penerapan dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini menunjukkan pentingnya inovasi dalam pendekatan pembelajaran yang lebih efektif dan relevan dengan konteks nyata untuk meningkatkan pemahaman matematika siswa.

Indikator pemahaman konsep matematis meliputi: 1) Menyatakan ulang setiap konsep; 2) Mengklasifikasi objek-objek menurut sifat-sifat tertentu sesuai dengan konsepnya; 3) Memberikan contoh dan noncontoh dari konsep; 4) Menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematis; 5) Mengembangkan syarat perlu atau syarat cukup suatu konsep; 6) Menggunakan, memanfaatkan, serta memilih dan memilah prosedur operasi tertentu; 7) Mengaplikasikan konsep atau algoritma pemecahan masalah. Indikator-indikator tersebut memainkan peran krusial dalam mengukur tingkat pemahaman konseptual siswa terhadap materi matematika, bukan sekadar kemampuan mengingat informasi. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang tidak hanya menekankan pada kemampuan berpikir secara kognitif, tetapi juga mengintegrasikan pengalaman belajar yang nyata dan relevan dengan kehidupan sehari-hari.

Salah satu pendekatan yang dinilai efektif dalam merespons permasalahan tersebut adalah pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Pendekatan ini merupakan perluasan dari konsep STEM dengan menambahkan elemen seni dan desain guna mendorong kreativitas serta kemampuan memecahkan masalah secara inovatif (Sukmawati, 2023). STEAM menitikberatkan pada integrasi lintas disiplin ilmu sebagai bekal menghadapi tantangan di era abad ke-21, termasuk penguasaan teknologi, berpikir kritis, serta kemampuan bekerja sama (Purnamasari, 2020). Dalam penerapannya, pendekatan STEAM mendorong keterlibatan aktif siswa melalui pembelajaran berbasis proyek yang kontekstual, di mana materi matematika tidak diajarkan secara terpisah, melainkan dikaitkan secara langsung dengan unsur teknologi, teknik, dan seni (Bancong, 2024). Melalui pembelajaran STEAM siswa mampu meningkatkan keaktifan, kreativitas, dan konsentrasi belajar sehingga siswa dapat menemukan dan mengembangkan ide-ide baru dalam mendesain dan menyelesaikan proyek STEAM (Naufal & Asdar, 2022).

Salah satu model pembelajaran yang selaras dengan pendekatan STEAM adalah Project-Based Learning (PjBL). Model ini menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran melalui aktivitas proyek yang menantang, kolaboratif, dan kontekstual. Menurut Thomas J.W. dalam Murfiah (2017), PjBL melibatkan siswa dalam eksplorasi mendalam terhadap suatu pertanyaan atau masalah nyata, yang berujung pada produk atau presentasi nyata. Keterlibatan siswa dalam proses desain, eksplorasi, dan pemecahan persoalan menjadikan pengalaman belajar lebih bermakna dan kontekstual.

Namun demikian, dalam praktiknya, implementasi pendekatan STEAM berbasis PjBL masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam menghubungkan konsep matematika yang bersifat abstrak dengan pengalaman nyata siswa (Nurlian, 2024). Salah satu materi yang sering kali menjadi kendala adalah lingkaran. Lingkaran adalah kurva tertutup sederhana yang merupakan tempat kedudukan titik-titik yang berjarak sama terhadap suatu titik tertentu. Konsep seperti keliling, diameter, dan jari-jari sering disampaikan tanpa contoh konkret, sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami relasi antar unsur lingkaran (Luqman, 2024).

Sebagai respon terhadap permasalahan tersebut, media kincir air dapat menjadi alternatif solusi yang mendukung pendekatan STEAM berbasis proyek. Melalui proyek pembuatan kincir air, siswa dapat memahami konsep lingkaran secara konkret dengan mengamati langsung hubungan antara jari-jari, diameter, dan keliling lingkaran. Selain itu, proyek ini juga mengintegrasikan prinsip fisika seperti konversi energi dan kecepatan rotasi, unsur rekayasa dalam desain bilah kincir, serta unsur

seni dalam estetika visual. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya bersifat interaktif, tetapi juga mendalam dan bermakna bagi siswa.

Meskipun sejumlah studi telah menunjukkan manfaat pendekatan STEAM dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa, penelitian yang secara khusus menganalisis proses pemahaman konsep siswa dalam materi lingkaran menggunakan media konkret seperti kincir air dalam konteks STEAM dan PjBL masih sangat terbatas. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan analisis mendalam terhadap bagaimana siswa membangun pemahaman konsep lingkaran dan bagaimana respons siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

## B. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif karena data yang dikumpulkan serta proses analisis yang dilakukan bersifat deskriptif kualitatif. Pendekatan ini bertujuan untuk menggambarkan fenomena yang diteliti secara apa adanya tanpa manipulasi terhadap variabel yang dikaji, melalui teknik pengumpulan data seperti wawancara langsung (Bahri, 2017). Seperti dijelaskan oleh Bailey dalam Mukhtar (2013), penelitian deskriptif kualitatif tidak hanya mencermati tindakan-tindakan yang tampak secara eksplisit, tetapi juga mengeksplorasi secara mendalam aspek-aspek tersembunyi dari suatu perilaku sosial. Desain ini dipilih agar peneliti dapat mengkaji secara mendalam pemahaman konsep matematika siswa, khususnya terkait materi lingkaran, setelah mengikuti proses pembelajaran dengan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*).

Partisipan dalam penelitian ini merujuk pada semua individu yang berpartisipasi atau terlibat dalam kegiatan penelitian. Adapun partisipan yang terlibat dalam penelitian ini adalah siswa kelas 8B di SMP Kartika XX-1 Makassar. Pemilihan partisipan dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*. Menurut Hidayat (2017), *purposive sampling* adalah metode pengambilan sampel yang dilakukan berdasarkan pertimbangan tertentu, seperti karakteristik atau ciri-ciri yang telah diketahui sebelumnya. Setelah kelas partisipan ditentukan, siswa kemudian dipilih untuk diwawancarai dengan variasi pemahaman konsep yang berbeda, yaitu siswa dengan pemahaman konsep yang tinggi, sedang, dan rendah. Pemilihan ini didasarkan pada hasil penilaian pemahaman konsep siswa terhadap materi lingkaran. Kriteria ini diambil untuk mendapatkan perspektif yang beragam tentang pemahaman konsep siswa melalui STEAM.

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui dua metode utama, yaitu tes pemahaman konsep dan wawancara. Kedua metode ini dipilih untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai pemahaman konsep siswa terhadap materi lingkaran melalui pembelajaran berbasis STEAM.

### 1. Tes Pemahaman Konsep

Tes pemahaman konsep digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep dasar dalam lingkaran. Berikut adalah tes pemahaman konsep pada materi lingkaran berdasarkan Indikator Pemahaman Konsep.

**Tabel 1.** Soal Tes Pemahaman Konsep

| No | Indikator Pemahaman Konsep                                                         | Butir Soal                                                                                 |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Menyatakan ulang setiap konsep                                                     | Jelaskan dengan bahasamu sendiri apa yang dimaksud jari-jari dan diameter lingkaran!       |
| 2  | Mengklasifikasi objek-objek menurut sifat-sifat tertentu (sesuai dengan konsepnya) | Kelompokkan bagian kincir air yang berbentuk lingkaran dan yang bukan berbentuk lingkaran! |

| No | Indikator Pemahaman Konsep                                                    | Butir Soal                                                                                                                           |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  | Memberikan contoh dan non contoh dari konsep                                  | Berikan masing-masing satu contoh benda disekitarmu yang berbentuk lingkaran dan satu contoh benda yang bukan berbentuk lingkaran!   |
| 4  | Menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematis                | Sebuah lingkaran memiliki diameter 14 cm.<br>a) Hitung jari-jari, keliling, dan luasnya.<br>b) Gambar lingkarannya secara sederhana. |
| 5  | Mengembangkan syarat perlu atau syarat cukup suatu konsep                     | Apakah kita bisa menghitung keliling lingkaran hanya dengan tahu diameternya? Berikan alasannya!                                     |
| 6  | Menggunakan, memanfaatkan dan memilih serta memilah prosedur operasi tertentu | Kincir airmu memiliki jari-jari 10 cm. Hitung keliling kincir tersebut. (gunakan $\pi = 3,14$ )                                      |
| 7  | Mengaplikasikan konsep atau algoritma pemecahan masalah.                      | Jika jari-jari kincir air 10 cm, berapa jumlah keliling kincir setelah berputar sebanyak 5 kali?                                     |

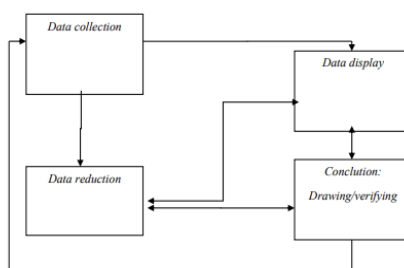
## 2. Wawancara

Wawancara dilakukan terhadap beberapa siswa terpilih berdasarkan tingkat pemahaman konsep (tinggi, sedang, dan rendah) berdasarkan hasil tes. Berikut contoh pertanyaan yang diajukan dalam wawancara antara lain;

“Bagaimana pendapat kamu tentang pembelajaran menggunakan media kincir air dalam mempelajari materi lingkaran?”

“Apakah kamu mengalami kesulitan saat menerapkan konsep lingkaran dalam proyek kincir air? Jika ya, kesulitan apa?”

Adapun analisis data dalam penelitian ini menggunakan model interaktif yang telah dikembangkan oleh Miles dan Huberman (1994), yaitu:



Gambar 1. Model Analisis Data Kualitatif

Gambar 1, menunjukkan proses analisis data kualitatif menurut Miles dan Huberman yang terdiri dari empat komponen utama: pengumpulan data (*data collection*), reduksi data (*data reduction*), penyajian data (*data display*), serta penarikan dan verifikasi kesimpulan (*drawing conclusion /verifying*). Keempat komponen ini saling berkaitan dan berjalan secara interaktif serta terus-menerus selama proses penelitian berlangsung. Model ini membantu peneliti dalam mengorganisasi dan memahami data kualitatif secara sistematis sehingga dapat diperoleh temuan yang valid dan bermakna.

## C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

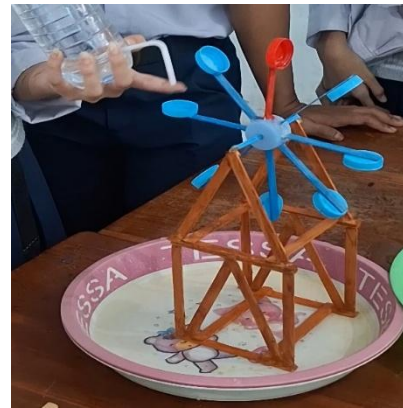
### Hasil Penelitian

Pelaksanaan pembelajaran STEAM berbasis Project-Based Learning (PjBL) mengarahkan siswa untuk merancang dan membangun kincir air secara berkelompok. Proyek ini bertujuan sebagai media konkret untuk memahami konsep lingkaran, dengan variasi jari-jari dan jumlah bilah kincir. Untuk

menjaga konsistensi variabel eksperimen, seluruh kelompok menggunakan sumber aliran air yang sama, yaitu botol air dengan ukuran dan volume isi yang seragam. Hal ini memastikan bahwa perbedaan rotasi kincir lebih disebabkan oleh perbedaan desain struktural, bukan variasi tekanan air. Dokumentasi hasil proyek dari tiga kelompok disajikan melalui gambar dan tabel berikut:



Gambar 2. Kincir Air Kelompok 1



Gambar 3. Kincir Air Kelompok 2



Gambar 4. Kincir Air Kelompok 3

**Tabel 2.** Data Rancangan Kincir Air

| Kelompok   | Panjang Jari-Jari<br>(Bilah Kincir) | Jumlah Bilah |
|------------|-------------------------------------|--------------|
| Kelompok 1 | 11                                  | 8            |
| Kelompok 2 | 8                                   | 8            |
| Kelompok 3 | 11                                  | 6            |

Setiap kelompok menunjukkan pendekatan yang berbeda dalam merancang kincir air, yang mencerminkan pemahaman dan penerapan aspek STEAM dalam pembelajaran. Untuk menjaga keadilan pengujian, seluruh kelompok menggunakan sistem aliran air yang seragam, yakni botol bertekanan air yang sama.

Kelompok 1 menunjukkan perencanaan struktur yang cukup baik. Dari aspek Engineering, bilah disusun secara simetris dan menempel kuat pada pusat kincir, menghasilkan rotasi yang relatif stabil. Dari sisi Art, desain terlihat rapi dan estetik, dengan perpaduan warna yang harmonis dan tidak berlebihan. Aspek Science tercermin dalam pemahaman mereka bahwa jari-jari yang lebih panjang meningkatkan momen gaya (torsi), meskipun tidak terbukti menghasilkan rotasi lebih cepat dalam eksperimen. Dari sisi Technology, sistem aliran air menggunakan botol dan sedotan bekerja dengan cukup baik, walaupun belum menghasilkan tekanan maksimal. Dalam aspek Mathematics, kelompok

ini menerapkan konsep geometri lingkaran dan simetri dalam menyusun 8 bilah secara merata, serta memahami hubungan antara jari-jari dan keliling lingkaran.

Kelompok 2 menunjukkan desain paling efektif secara fungsional. Struktur kincir sangat stabil dan simetris (Engineering), dengan desain ringan yang efisien dalam menangkap dorongan air. Meskipun minim warna, desain Art-nya bersih dan fungsional. Dari aspek Science, mereka menyadari bahwa jari-jari yang lebih pendek menghasilkan keliling lingkaran yang lebih kecil, sehingga bilah lebih sering terkena dorongan air. Hal ini berkontribusi pada rotasi yang cepat dan stabil. Sistem aliran air yang digunakan mendukung arah dan ketinggian optimal (Technology). Dalam aspek Mathematics, pemahaman mereka terhadap hubungan antara keliling kecil dan frekuensi dorongan air tampak jelas, terutama dengan penyusunan 8 bilah yang rapat.

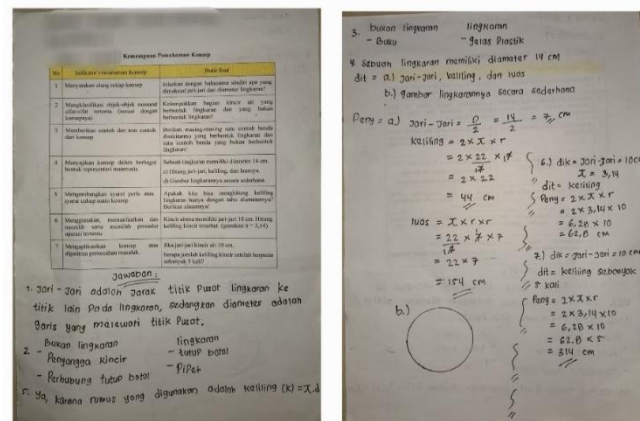
Kelompok 3 menonjol dalam aspek visual dan kreativitas. Dari sisi Art, mereka menghadirkan desain dengan pewarnaan cerah dan pola yang menarik perhatian. Namun dari aspek Engineering, rotasi kincir kurang stabil. Hal ini disebabkan jumlah bilah yang lebih sedikit (6 buah) dan distribusi yang kurang merata. Science tampak dalam pemahaman bahwa semakin sedikit bilah, semakin besar jeda antar dorongan air, yang menghambat kelancaran rotasi. Dari segi Technology, sistem aliran air berfungsi namun arah aliran belum optimal. Math diterapkan dalam distribusi bilah pada lingkaran besar, namun kurang efektif dalam menjaga keseimbangan gaya.

Secara keseluruhan, hasil observasi menunjukkan bahwa kincir air milik Kelompok 2, dengan jari-jari lebih pendek (8 cm) dan jumlah bilah lebih banyak (8 buah), memiliki performa rotasi terbaik. Konsep Mathematics dan Science mendukung temuan ini: keliling yang lebih kecil meningkatkan frekuensi dorongan air pada bilah, sehingga menghasilkan rotasi lebih cepat. Selain itu, aspek Engineering yang baik seperti simetri dan kekokohan struktur memperkuat efisiensi rotasi.

Hasil proyek ini menunjukkan bahwa pemahaman dan integrasi antar aspek STEAM sangat penting dalam merancang alat yang fungsional. Kelompok yang menggabungkan prinsip teknis dan estetis secara seimbang (seperti Kelompok 1 dan 2) cenderung lebih berhasil dalam menghasilkan kincir yang stabil dan efisien. Di sisi lain, kelompok yang lebih fokus pada aspek estetika (seperti Kelompok 3) tetap menunjukkan kreativitas tinggi, meskipun dari sisi performa teknis masih dapat ditingkatkan. Dengan demikian, keberhasilan proyek tidak hanya bergantung pada penguasaan satu aspek, tetapi pada kemampuan untuk mensinergikan berbagai disiplin ilmu dalam satu karya utuh.

## 1. Pemahaman Konsep Siswa

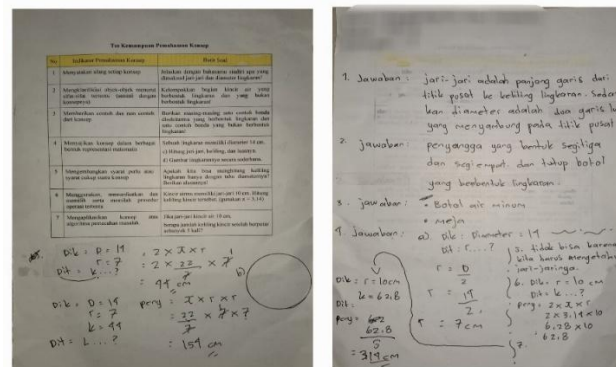
Pemahaman konsep matematika siswa dievaluasi melalui tujuh soal berdasarkan indikator pemahaman konsep menurut (Indah & Hidayati, 2021). Kemudian siswa dikategorikan ke dalam tiga kelompok: rendah, sedang, dan tinggi. Untuk memperjelas temuan, berikut disajikan gambar hasil jawaban siswa:



Gambar 5. Jawaban Siswa dengan Kategori Tinggi

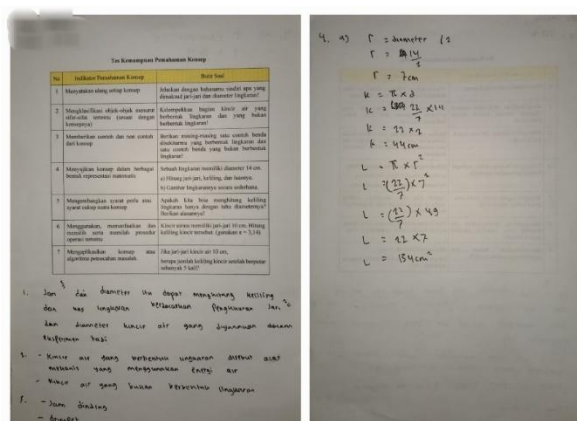
Berdasarkan lembar jawaban siswa kelas VIII-B pada Gambar 5, siswa kategori tinggi menunjukkan pemahaman konseptual yang utuh. Ia mampu menjelaskan perbedaan antara jari-jari dan diameter secara tepat, mengidentifikasi benda berbentuk lingkaran dengan akurat, serta menyelesaikan soal-soal perhitungan keliling dan luas lingkaran secara benar dan sistematis. Pada soal nomor 5 yang bersifat aplikatif, siswa ini juga menunjukkan kemampuan bernalar dengan menyadari bahwa informasi jari-jari dapat diperoleh dari diameter, karena diameter merupakan dua kali jari-jari ( $2r$ ), atau sebaliknya, jari-jari merupakan setengah dari diameter ( $d/2$ ).

Sementara itu, siswa kategori sedang umumnya telah memahami konsep dasar jari-jari dan diameter, serta mampu melakukan perhitungan keliling dan luas lingkaran dengan benar. Namun, pada soal nomor 5, ia tidak mampu mengaitkan konsep dasar tersebut, karena beranggapan bahwa mengetahui diameter saja tidak cukup untuk menghitung keliling lingkaran, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Jawaban Siswa dengan Kategori Sedang

Adapun siswa dalam kategori rendah seperti terlihat pada Gambar 7, menunjukkan kesulitan dalam memahami dan menjelaskan konsep dasar, seperti definisi jari-jari dan diameter, serta masih belum mampu menyelesaikan semua soal yang diberikan. Beberapa jawaban kurang lengkap, keliru dalam langkah pengerjaan, dan tidak menunjukkan hubungan yang logis antara informasi dalam soal dan rumus yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa dalam kategori ini perlu pendampingan intensif untuk memahami dasar-dasar konsep lingkaran sebelum mengerjakan soal aplikasi.



Gambar 7. Jawaban Siswa dengan Kategori Rendah

Untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai variasi tingkat pemahaman siswa, disusun Tabel 3 yang memuat analisis komparatif jawaban siswa berdasarkan tiga kategori, yakni tinggi, sedang, dan rendah. Tabel ini menyajikan uraian berdasarkan beberapa indikator utama dalam tes pemahaman konsep, seperti kemampuan menyatakan ulang konsep, mengelompokkan objek berdasarkan ciri khusus, memberikan contoh dan non-contoh, serta menyelesaikan masalah kontekstual.

Tabel 3. Pemahaman Konsep Siswa pada Tes Materi Lingkaran

| Indikator                                           | Kategori Tinggi                                                                                                                             | Kategori Sedang                                                                                                              | Kategori Rendah                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Menyatakan ulang setiap konsep                      | Siswa mampu mendefinisikan jari-jari dan diameter dengan bahasa yang tepat dan sesuai dengan konsep matematis.                              | Siswa menjelaskan dengan istilah yang hampir tepat namun masih ada kekeliruan dalam struktur kalimat dan keterbatasan diksi. | Penjelasan kurang tepat dan tidak menggunakan istilah matematika yang sesuai. Definisi jari-jari dan diameter tidak menggambarkan pemahaman konseptual. |
| Mengelompokkan objek berdasarkan ciri khusus        | Siswa mampu mengidentifikasi objek yang bukan lingkaran dengan alasan logis, seperti 'penyangga kipas, pipet'.                              | Siswa menyebutkan benda-benda dengan bentuk menyerupai lingkaran, tetapi alasan atau klasifikasinya tidak sepenuhnya jelas.  | Jawaban cenderung umum dan tidak menunjukkan kemampuan membedakan objek berdasarkan ciri geometri lingkaran.                                            |
| Memberikan contoh dan non-contoh                    | Menyebutkan contoh konkret lingkaran dan bukan lingkaran, serta menjelaskan secara logis.                                                   | Menyebutkan beberapa benda, namun tidak menjelaskan dengan alasan yang tepat.                                                | Kurang mampu menyebutkan non-contoh dengan benar dan tidak dijelaskan alasannya.                                                                        |
| Menyelesaikan masalah kontekstual (aplikasi konsep) | Menghitung keliling dan luas lingkaran secara lengkap dan benar, menggunakan rumus yang sesuai serta menampilkan langkah kerja dengan baik. | Proses pengerjaan ditampilkan tetapi ada kesalahan konsep atau perhitungan.                                                  | Terdapat kesalahan dalam penggunaan rumus dan langkah pengerjaan tidak sistematis.                                                                      |

|                                               |                                                                       |                                                                                      |                                                              |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Visualisasi Konsep                            | Mampu menggambarkan lingkaran dengan keterangan jari-jari yang jelas. | Gambar lingkaran ada tetapi tidak dilengkapi informasi yang cukup.                   | Tidak menyertakan gambar atau visualisasi kurang informatif. |
| Penggunaan Bahasa dan Representasi Matematika | Menggunakan notasi matematika dan simbol dengan benar dan konsisten.  | Menggunakan notasi matematika tetapi masih terdapat ketidaksesuaian dalam penulisan. | Notasi dan simbol matematika tidak digunakan dengan tepat.   |

## 2. Respon Siswa terhadap Penerapan Model Pembelajaran

Wawancara dilakukan terhadap masing-masing satu siswa dari setiap kategori (tinggi, sedang, dan rendah) guna memperoleh pemahaman mendalam mengenai pengalaman dan tantangan yang mereka hadapi selama mengikuti pembelajaran berbasis STEAM. Berdasarkan hasil wawancara, secara umum siswa memberikan respons positif dan menunjukkan antusiasme yang tinggi terhadap proses pembelajaran materi lingkaran yang dilaksanakan melalui pendekatan STEAM dengan model Project-Based Learning (PjBL) menggunakan media kincir air. Siswa pada kategori tinggi mengungkapkan bahwa pembelajaran STEAM tidak hanya membantu mereka memahami konsep lingkaran secara lebih mendalam, tetapi juga memfasilitasi keterkaitan antara materi matematika dengan konteks nyata, serta mendorong pengembangan kreativitas melalui aktivitas proyek, seperti mengukur dan menghias kincir air. Beberapa kutipan dari siswa yang tergolong dalam kategori tinggi antara lain: Ani menyatakan, “Pembelajaran STEM membuat saya lebih mengerti tentang lingkaran dan pembelajarannya sangat menyenangkan.” Sementara itu, Iwan menuturkan, “Saya tidak mengalami hambatan saat membuat kincir air, justru membuat saya lebih mengerti akan materi lingkaran.” Irfan mengungkapkan, “Saya sangat semangat dalam mengikuti pembelajaran berbasis STEAM dan tidak merasa frustrasi sama sekali,” sedangkan Ali menyampaikan, “Senang, seru karena kita merangsang kreativitas. Jadi saya bisa berkreasi, apalagi pada saat menghias dan melukis kincir air.” Keseluruhan pernyataan tersebut menunjukkan bahwa siswa merasa termotivasi dan tidak mengalami hambatan signifikan selama proses pembelajaran berlangsung.

Pada kategori sedang, siswa mengungkapkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis proyek memberikan kesempatan bagi mereka untuk mengamati dan memahami model lingkaran secara konkret. Pengalaman belajar yang bersifat langsung ini dinilai membantu mereka dalam membangun pemahaman yang lebih baik terhadap konsep-konsep matematika yang diajarkan. Selain itu, siswa juga menunjukkan peningkatan motivasi dalam menyelesaikan tugas, karena proyek yang dijalani dirasakan memiliki makna dan relevansi dengan kehidupan nyata. Hal ini tercermin dari pernyataan Indah yang menyampaikan, “Melalui STEAM saya lebih paham karena saya dapat melihat secara langsung model lingkaran.” Yusuf juga menambahkan, “Selama mengikuti pembelajaran STEAM, saya tidak merasa putus asa sama sekali dengan proyek yang saya kerjakan. Justru, saya semakin bersemangat dalam membuatnya.” Meskipun demikian, siswa pada kategori ini masih menghadapi beberapa tantangan, terutama dalam hal perhitungan matematis, seperti menghitung luas dan keliling lingkaran secara tepat. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun keterlibatan emosional dan motivasional siswa cukup tinggi, aspek pemahaman prosedural dan simbolik masih memerlukan penguatan.

Sementara itu, siswa yang tergolong dalam kategori rendah tetap menunjukkan minat dan ketertarikan terhadap pembelajaran berbasis STEAM meskipun menghadapi berbagai hambatan dalam aspek pemahaman konseptual maupun prosedural. Mereka mengapresiasi pendekatan pembelajaran yang interaktif dan kontekstual, yang memungkinkan aktivitas belajar berlangsung secara menyenangkan dan tidak monoton. Hal ini tampak dari pernyataan Ikhwan yang mengatakan, “Selama proses pembelajaran STEAM saya sangat senang,” serta dari Andini yang menyampaikan,

“Pembelajaran STEAM sangat menarik. Saya dapat belajar sambil bermain.” Meskipun demikian, siswa dalam kategori ini masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar lingkaran, seperti jari-jari, diameter, keliling, dan luas, serta belum mampu menyelesaikan perhitungan terkait secara mandiri.

Secara keseluruhan, pendekatan STEAM melalui proyek pembuatan kincir air memberikan pengalaman belajar yang kontekstual, menarik, dan mampu menumbuhkan pemahaman serta keterlibatan siswa dengan beragam tingkat capaian.

## Pembahasan

Proyek pembuatan kincir air dirancang secara terstruktur untuk memberikan pengalaman konkret bagi siswa dalam memahami konsep lingkaran melalui pendekatan STEAM berbasis Project-Based Learning (PjBL). Dengan variasi jari-jari dan jumlah bilah pada masing-masing kelompok, siswa diajak untuk mengeksplorasi bagaimana perubahan desain memengaruhi kinerja rotasi kincir, sementara variabel tekanan dan volume aliran air dikendalikan tetap. Pendekatan ini membuka kesempatan bagi siswa untuk mengaitkan konsep matematika yang bersifat abstrak dengan situasi nyata yang mereka alami, melalui keterlibatan langsung dalam kegiatan observasi.

Hasil proyek pembuatan kincir air yang dilakukan oleh tiga kelompok menunjukkan penerapan aspek STEAM yang beragam dan mencerminkan tingkat integrasi antar disiplin ilmu yang berbeda-beda. Kelompok 2 tampil paling optimal secara fungsional dengan menggabungkan prinsip engineering, pemahaman matematis terhadap keliling lingkaran yang lebih kecil, serta efisiensi teknologi aliran air, sehingga menghasilkan rotasi kincir yang paling stabil dan cepat. Temuan ini memperkuat pentingnya pemahaman hubungan antara parameter fisik dan performa alat, sebagaimana dijelaskan oleh Stohlmann et al. (2012) bahwa integrasi Science dan Mathematics dalam konteks rekayasa dapat meningkatkan ketepatan desain berbasis proyek. Kelompok 1 menunjukkan sinergi yang baik antara simetri struktural dan estetika visual, meskipun belum optimal dari sisi efisiensi teknis, menegaskan bahwa pengaitan antara aspek Art dan Engineering dapat memberikan hasil yang representatif secara menyeluruh (Beers, 2011). Sebaliknya, kelompok 3 lebih menonjol dalam aspek seni dan kreativitas, namun kelemahan pada aspek teknis seperti jumlah dan distribusi bilah menunjukkan bahwa dominasi satu aspek saja tanpa dukungan yang seimbang dari disiplin lain dapat mengurangi performa alat (Yakman, 2008). Dengan demikian, efektivitas pembelajaran berbasis proyek dalam pendekatan STEAM sangat bergantung pada sejauh mana siswa mampu mengintegrasikan berbagai disiplin secara holistik dalam proses perancangan dan implementasi.

Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya "membuat" alat, melainkan juga melakukan eksplorasi terhadap hubungan antar konsep matematis (seperti jari-jari, keliling, dan distribusi), prinsip fisika (torsi, gaya), serta estetika dan kreativitas dalam visualisasi produk. Pendekatan STEAM memungkinkan terjadinya pembelajaran yang multidimensional, di mana sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika saling terintegrasi dalam proses berpikir dan berkarya.

Hasil tes pemahaman konsep menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara kemampuan konseptual siswa dengan efektivitas proyek yang mereka hasilkan. Siswa dengan kategori pemahaman tinggi mampu menjelaskan konsep lingkaran secara tepat dan menyelesaikan soal representasi serta aplikasi dengan sistematis. Siswa kategori sedang menunjukkan pemahaman dasar, tetapi masih kesulitan dalam mengaitkan antar-konsep. Sementara itu, siswa dengan pemahaman rendah belum mampu mengaitkan rumus atau konsep dasar ke dalam praktik proyek yang dijalankan.

Menariknya, hasil wawancara menunjukkan bahwa seluruh kategori siswa, baik dengan kemampuan tinggi, sedang, maupun rendah, memperlihatkan antusiasme yang tinggi terhadap pembelajaran berbasis STEAM. Siswa dengan kemampuan tinggi mengungkapkan bahwa proyek

yang dijalankan membantu mereka memperjelas pemahaman konsep yang sebelumnya bersifat abstrak, sementara siswa kategori sedang merasa terbantu dalam memahami materi meskipun masih memerlukan waktu untuk mengaitkan teori dengan praktik. Bahkan siswa dengan kategori rendah, yang cenderung mengalami hambatan kognitif, tetap menunjukkan sikap positif karena dapat belajar sambil berkreasi dalam suasana yang menyenangkan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pembelajaran STEAM mampu mengintegrasikan dimensi kognitif, afektif, dan psikomotorik siswa secara bersamaan (Henriksen, 2014; Yakman & Lee, 2012). Hal ini menegaskan bahwa pendekatan STEAM tidak hanya berperan dalam meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga mampu menumbuhkan motivasi belajar dan sikap positif terhadap pembelajaran matematika. Namun demikian, untuk mencapai hasil belajar yang optimal, pendekatan ini perlu dilengkapi dengan strategi pedagogis yang mampu mengakomodasi perbedaan kemampuan siswa serta memperkuat keterampilan berpikir tingkat tinggi (Moore et al., 2014). Dengan demikian, integrasi STEAM yang efektif harus mencakup penguatan pedagogi diferensiatif yang responsif terhadap kebutuhan kognitif dan afektif peserta didik.

Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa pendekatan STEAM efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika, termasuk dalam aspek motivasi dan partisipasi aktif (Bancong, 2024; Sukmawati, 2023). Namun, kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penggunaan media konkret berupa kincir air hasil rancangan siswa sendiri, bukan sekadar simulasi digital atau eksperimen laboratorium sebagaimana umum digunakan dalam studi sebelumnya. Pendekatan ini memperkuat pentingnya aktivitas motorik, visual, dan kolaboratif sebagai jembatan dalam memahami konsep matematika yang abstrak (Beers, 2011; Moore et al., 2014). Partisipasi aktif siswa dalam proyek kincir air juga menunjukkan bahwa pembelajaran kontekstual berbasis proyek mampu menjembatani kesenjangan kemampuan akademik, di mana siswa dari kategori rendah sekalipun tetap dapat terlibat secara emosional dan sosial dalam proses pembelajaran tanpa menunjukkan tanda-tanda keputusasaan. Hal ini menegaskan potensi pendekatan STEAM sebagai pendekatan pembelajaran yang inklusif dan adaptif terhadap keberagaman kemampuan siswa (Henriksen, 2014). Kendati demikian, hasil juga menunjukkan pentingnya strategi pedagogis tambahan, seperti penguatan konsep dasar dan scaffolding yang berkelanjutan, khususnya bagi siswa dengan pemahaman yang rendah, agar manfaat pembelajaran dapat dirasakan secara merata. Oleh karena itu, pendekatan STEAM tidak hanya menghadirkan pembelajaran yang menyenangkan dan bermakna, tetapi juga memberikan ruang bagi pengembangan keterampilan berpikir kritis, kolaboratif, kreatif, dan reflektif yang sesuai dengan tuntutan pendidikan abad ke-21 (Yakman & Lee, 2012).

#### **D. Kesimpulan**

Penelitian ini mengungkapkan bahwa penerapan model pembelajaran Project-Based Learning dengan pendekatan STEAM melalui proyek pembuatan kincir air memberikan kesempatan kepada siswa untuk memahami konsep lingkaran melalui pengalaman belajar yang kontekstual dan aplikatif. Proses perancangan serta pembangunan kincir air mendorong siswa untuk mengaplikasikan konsep matematika secara langsung, tetapi juga membuka ruang bagi mereka untuk mengalami proses belajar yang kontekstual, kolaboratif, dan kreatif. Siswa menunjukkan keterlibatan aktif dan antusiasme yang tinggi selama proses pembelajaran. Bagi siswa dengan pemahaman konsep yang baik, proyek ini menjadi ajang eksplorasi dan penerapan pengetahuan secara nyata. Sementara itu, siswa dengan pemahaman dasar yang masih terbatas menunjukkan perkembangan yang positif meskipun memerlukan bimbingan tambahan, khususnya dalam memahami aspek-aspek dasar konsep lingkaran.

### Daftar Pustaka

- Bahri, S. (2017). Manajemen pendidikan inklusi di sekolah dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(2), 123–130. <https://edukatif.org/edukatif/article/view/1754>
- Bancong, H. (2024). *STEAM education*. Indonesia Emas Group.
- Beers, S. Z. (2011). *21st century skills: Preparing students for THEIR future*. National Education Association.
- Cynthia, R. E., & Sihotang, H. (2023). Melangkah bersama di era digital: Pentingnya literasi digital untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 31712–31723.
- Djam'an, N., Asrawati, N., Sappaile, B. I., & Sidjara, S. (2023). Development of a model of creative thinking based on mathematical literacy. *World Transactions on Engineering and Technology Education (WTE&TE)*, 21(4), 273–279.
- GoodStats. (2023). *Posisi Indonesia di PISA 2022: Siapkah untuk 2025?* <https://goodstats.id/article/posisi-indonesia-di-pisa-2022-siapkah-untuk-2025>
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *The STEAM Journal*, 1(2), Article 15. <https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15>
- Hidayat, R. (2017). Implementasi pendekatan pembelajaran berbasis tantangan untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan generik sains siswa SMP pada tema pemanasan global. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 14(2), 123–135. <https://doi.org/10.17509/jpp.v14i2.3121>
- Junaidi, R., Fadilah, M., & Aulia, R. (2022). Analisis kemampuan pemahaman konsep matematis siswa SMP di Indonesia. *Education Journal of Mathematics*, 5(1), 112–125.
- Komariyah, S., Afifah, D. S. N., & Resbiantoro, G. (2018). Analisis pemahaman konsep dalam memecahkan masalah matematika ditinjau dari minat belajar siswa. *SOSIOHUMANIORA: Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial dan Humaniora*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.30738/sosio.v4i1.1477>
- Luqman, N., Muhtadi, D., & Sukirwan. (2024). Kesulitan peserta didik dan faktor-faktor pada materi keliling dan luas lingkaran. *Wilangan: Jurnal Inovasi dan Riset Pendidikan Matematika*, 5(3), 245–259. <https://doi.org/10.56704/jirpm.v5i3.27436>
- Medcom. (2023). *Skor PISA Indonesia tak capai target RPJMN 2024*. <https://www.medcom.id>
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K–12 STEM education. In Ş. Purzer, J. Strobel, & M. E. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35–60). Purdue University Press.
- Mukhtar. (2013). *Metodologi penelitian pendidikan*. Rajawali Pers.

- Murfiah, M. (2017). Implementasi model pembelajaran berbasis proyek untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Pendidikan*, 18(2), 45–52. <https://doi.org/10.1234/jp.v18i2.5678>
- Muyassaroh, I., Mukhlis, S., & Ramadhani, A. (2022). Model Project-Based Learning melalui pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa SD. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 8(4), 1607–1616. <https://doi.org/10.31949/educatio.v8i4.4056>
- Naufal, M. A., & Asdar, A. (2022). Investigasi persepsi mahasiswa calon guru matematika terhadap penerapan pembelajaran STEAM di sekolah. *Primatika: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2), 129–140. <https://doi.org/10.30872/primatika.v11i2.1221>
- Nurbuko, C., & Achmadi, A. (2007). *Metodologi penelitian* (Cet. VIII). Jaka Aksara.
- Nurlian, N., Mildayanti, M., Rohani, S. T., Anita, T., & Prayudi, E. (2024). Implementasi pendidikan sains berbasis STEAM untuk membentuk generasi inovatif di sekolah dasar. *Jurnal Sultra Elementary School*, 5(1), 94–110. <https://doi.org/10.54297/jses.v5i1.130>
- Rahmawati, L., Sopian, N., & Firdaus, M. (2023). Minat belajar dan pemahaman matematis siswa SMP di Indonesia: Studi kasus di beberapa sekolah. *Cendekia Journal of Mathematics Education*, 8(3), 201–215.
- Sagala, S. (2005). *Konsep dan makna pembelajaran: Untuk membantu memecahkan masalah belajar dan mengajar*. Alfabeta.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sukmawati, N. I., & Rakhmawati, N. I. S. (2023). Pengaruh pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (critical thinking and problem solving) pada anak usia dini. *Concept: Journal of Social Humanities and Education*, 2(1), 127–141. <https://doi.org/10.55606/concept.v2i1.238>
- Suryadi, A., & Rahayu, D. (2023). Kemampuan pemahaman konsep matematis siswa SMP: Sebuah studi empiris. *Jurnal EduSains*, 7(2), 45–58.
- Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. *Purdue University STEM Conference*.