

LKPD Berbasis STEM

Rancangan Tangki Penampung Air Hujan: Bangun Ruang Sisi Datar dan Sisi Lengkung

Mata Pelajaran	Matematika
Kelas / Semester	X / Ganjil
Materi	Bangun Ruang Sisi Datar dan Sisi Lengkung
Alokasi Waktu	2 × 35 menit (1 pertemuan)
Pendekatan	STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) berbasis proyek
Kelompok	
Anggota	1. 2. 3. 4.

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengerjakan LKPD ini, peserta didik mampu:

1. Mengonversi satuan volume (m^3 , dm^3 , liter) dan menghitung potensi air hujan yang dapat ditampung dari suatu bidang tangkap.
2. Menentukan volume dan luas permukaan bangun ruang sisi datar (balok) dalam konteks tangki air.
3. Menentukan volume dan luas permukaan bangun ruang sisi lengkung (tabung, kerucut, bola) dalam konteks tangki dan komponen penyaring.
4. Membandingkan beberapa desain tangki berdasarkan kapasitas dan biaya bahan, lalu memilih desain terbaik dengan alasan matematis.
5. Merancang tangki penampung air hujan yang memenuhi batasan lahan, kapasitas, dan biaya.

B. Keterkaitan STEM

Aspek	Wujud dalam LKPD ini
Science	Siklus air dan curah hujan, pemanenan air hujan (rainwater harvesting), serta tekanan air yang makin besar pada kedalaman yang makin dalam.
Technology	Menggunakan kalkulator ilmiah, spreadsheet, atau GeoGebra 3D untuk menghitung dan memeriksa ukuran beberapa desain tangki.
Engineering	Merancang tangki dan komponen penyaring dengan batasan lahan, kapasitas, dan biaya (proses merancang, menguji, dan memilih desain).
Mathematics	Konversi satuan, volume, luas permukaan, serta perbandingan bangun ruang sisi datar dan sisi lengkung.

C. Petunjuk Pengerjaan

1. Kerjakan secara berkelompok (4–5 orang) dan bagi peran: penghitung, pencatat, perancang sketsa, dan juru bicara.
2. Baca setiap kegiatan dengan teliti, lalu isi bagian yang kosong pada lembar ini.
3. Gunakan $\pi = 22/7$ jika jari-jari kelipatan 7, dan $\pi = 3,14$ untuk nilai lainnya. Tuliskan langkah penyelesaiannya.
4. Perhatikan alokasi waktu agar semua kegiatan selesai dalam satu pertemuan.

Kotak Rumus

Bangun	Volume	Luas Permukaan
Balok ($p \times l \times t$)	$V = p \times l \times t$	$L = 2(pl + pt + lt)$
Tabung (r, t)	$V = \pi r^2 t$	$L = 2\pi r(r + t)$
Kerucut (r, t, s)	$V = \frac{1}{3} \pi r^2 t$	$L \text{ selimut} = \pi r s$, dengan $s^2 = r^2 + t^2$
Bola (r)	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$	$L = 4 \pi r^2$

Konversi satuan: $1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ dm}^3 = 1.000 \text{ liter}$. Fakta sains: hujan setinggi 1 mm pada 1 m^2 bidang datar menghasilkan 1 liter air.

D. Stimulus Masalah

Saat musim hujan, air hujan dari atap gedung sekolah mengalir begitu saja ke selokan, sementara di musim kemarau sekolah kesulitan air untuk menyiram taman dan membersihkan toilet. Tim **Eco-Engineer** sekolah ingin membangun tangki penampung air hujan, tetapi harus memilih bentuk dan ukuran tangki yang tepat: kapasitasnya cukup, muat di lahan yang tersedia, dan hemat biaya bahan.

Pertanyaan utama: Bentuk dan ukuran tangki apa yang paling tepat untuk menampung air hujan sekolah kita?

Tuliskan dugaan awal kelompokmu:

Bentuk tangki yang paling hemat bahan menurut kami adalah, karena

E. Kegiatan 1: Menghitung Potensi Air Hujan (± 12 menit)

(Science, Mathematics)

Data lapangan:

- Atap gedung berbentuk pelana. Bidang tangkap hujan terdiri atas 2 bidang atap persegi panjang, masing-masing berukuran $10 \text{ m} \times 5 \text{ m}$.
- Curah hujan lebat: 50 mm dalam satu hari.
- Tidak semua air tertampung (ada yang menguap dan tumpah), sehingga efisiensi penampungan diperkirakan 80%.
- Kebutuhan air sekolah dari tangki: 200 liter/hari untuk taman dan 300 liter/hari untuk toilet.

Pertanyaan:

1. Hitung luas bidang tangkap total: $\times$ $\times$ = ... m^2 .
2. Volume air hujan yang tertampung = luas bidang tangkap $\times$ tinggi hujan (dalam meter) $\times$ efisiensi
= $\times$ $\times$ = ... m^3 .
3. Ubah ke liter: m^3 = ... dm^3 = ... liter.
4. Periksa hasil nomor 3 dengan fakta sains (1 mm hujan di $1 \text{ m}^2 = 1 \text{ liter}$). Tuliskan perhitungannya:
.....
5. Dengan kebutuhan harian sekolah, air tertampung cukup untuk hari.
6. Jadi, tangki yang kita rancang harus berkapasitas minimal liter (..... m^3).

F. Kegiatan 2: Menganalisis Desain Tangki (± 25 menit)

(Mathematics, Technology)

Tim Eco-Engineer menyiapkan dua desain tangki **tertutup**. Harga bahan: **Rp100.000 per m^2 luas permukaan**.

	Desain A	Desain B
Bentuk	Balok	Tabung
Ukuran	$p = 2 \text{ m}, l = 1 \text{ m}, t = 1,5 \text{ m}$	$r = 0,7 \text{ m}, t = 1,5 \text{ m}$

1. Desain A (bangun ruang sisi datar)

- Volume = ... = ... m^3 = ... liter
- Luas permukaan = ... = ... m^2
- Biaya bahan = ... $\times$ Rp100.000 = Rp.....

2. Desain B (bangun ruang sisi lengkung), gunakan $\pi = 22/7$

- Volume = ... = ... m^3 = ... liter
- Luas permukaan = ... = ... m^2
- Biaya bahan = ... $\times$ Rp100.000 = Rp.....

3. Perbandingan kedua desain

Aspek	Desain A	Desain B
Kapasitas (liter)		
Luas permukaan (m^2)		
Biaya bahan (Rp)		
Biaya per liter kapasitas (Rp/liter)		

4. Diskusikan:

- Apakah salah satu desain sudah memenuhi kapasitas minimal pada Kegiatan 1? Berapa kekurangannya?
- Desain mana yang lebih hemat bahan per liter air? Jelaskan alasanmu.
- Mengapa tangki yang tinggi memerlukan dinding yang lebih kuat? (Petunjuk: air di bagian dasar menerima tekanan dari seluruh tinggi air di atasnya.)

5. Komponen pelengkap: corong penyangring daun (bangun ruang sisi lengkung)

Pada pipa masuk dipasang corong penyangring berbentuk kerucut dengan jari-jari alas 0,3 m, tinggi 0,4 m, dan garis pelukis 0,5 m ($\pi = 3,14$).

- Volume corong = ... = ... m^3 = ... liter
- Luas selimut corong = ... = ... m^2

G. Kegiatan 3: Merancang Tangki Sendiri (± 18 menit)

(Engineering, Mathematics, Technology)

Tantangan: Rancang tangki penampung air hujan yang memenuhi semua batasan berikut.

- Lahan tersedia berukuran 2 m $\times$ 2 m, sehingga alas tangki tidak boleh melebihi lahan ini.
- Tinggi tangki maksimum 2 m.
- Kapasitas minimal sesuai hasil Kegiatan 1.
- Tangki tertutup, harga bahan Rp100.000 per m^2 .
- Tujuan: biaya bahan seminimal mungkin.

Langkah kerja:

1. Tentukan dua kandidat desain (bentuk dan ukuran) lalu lengkapi tabel. Gunakan spreadsheet atau GeoGebra 3D untuk mencoba beberapa ukuran dengan cepat.

Aspek	Kandidat 1 (.....)	Kandidat 2 (.....)
Ukuran		
Volume (liter)		
Luas permukaan (m^2)		
Biaya bahan (Rp)		
Memenuhi semua batasan?		

2. Pilih desain terbaik kelompokmu dan tuliskan alasannya berdasarkan data.
Desain terpilih: Alasan:
.....
3. Gambarlah **sketsa desain terpilih** lengkap dengan ukuran dan satuan pada bagian kosong di bawah ini atau di kertas terpisah.
(Ruang sketsa)

4. **Tantangan tambahan (bonus):** Bagaimana jika tangki berbentuk bola dengan jari-jari 1 m ($\pi = 3,14$)? Hitung volume, luas permukaan, dan biaya bahannya, lalu bandingkan dengan desain terpilih. Menurut kelompokmu, apa kendala membuat tangki berbentuk bola di sekolah?

.....

5. (*Tugas lanjutan, opsional*) Buat model tangki dari karton dengan skala 1 : 10 dan siapkan untuk dipresentasikan.

H. Kesimpulan dan Refleksi

Lengkapi kalimat berikut:

1. Volume air hujan yang dapat ditampung dari atap sekolah adalah liter, sehingga kapasitas tangki minimal liter.
2. Untuk kapasitas yang sama, bentuk yang lebih hemat bahan adalah karena
3. Matematika membantu saya mengambil keputusan dalam merancang tangki karena
4. Hal yang masih ingin saya pelajari adalah

I. Pemeriksaan Pemahaman (± 5 menit)

Kerjakan secara individu.

1. Sebuah tangki berbentuk balok berukuran 3 m $\times$ 2 m $\times$ 1 m. Berapa liter kapasitasnya dan berapa m² luas permukaannya?
2. Sebuah tabung berjari-jari 7 dm dan tinggi 10 dm. Berapa liter air yang dapat ditampungnya? ($\pi = 22/7$)
3. Sebuah bola berjari-jari 3 dm. Hitung volumenya. ($\pi = 3,14$)
4. Jelaskan dengan kata-katamu sendiri mengapa tabung umumnya lebih hemat bahan daripada balok untuk volume yang sama.

J. Rubrik Penilaian Kelompok

Aspek	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Perlu Bimbingan)
Konversi dan potensi air hujan	Semua perhitungan dan konversi benar dengan langkah jelas	Sebagian besar benar	Sebagian kecil benar	Hampir seluruhnya salah
Volume dan luas permukaan	Semua rumus dan hasil tepat untuk balok, tabung, dan kerucut	Ada 1 kekeliruan	Ada beberapa kekeliruan	Banyak kekeliruan
Perbandingan dan pengambilan keputusan	Pilihan didukung data dan alasan matematis yang kuat	Didukung data tetapi alasan kurang kuat	Alasan kurang didukung data	Tidak ada alasan
Rancangan dan sketsa (Engineering)	Memenuhi semua batasan, ukuran jelas, kreatif	Memenuhi sebagian besar batasan	Sebagian batasan terlanggar	Rancangan tidak lengkap
Kerja sama	Seluruh anggota aktif berperan	Sebagian besar aktif	Hanya sebagian kecil aktif	Hanya satu atau dua anggota yang bekerja

Nilai = (jumlah skor ÷ 20) × 100

K. Kunci Jawaban dan Pedoman untuk Guru

Kegiatan 1

- Luas bidang tangkap = $2 \times 10 \times 5 = 100 \text{ m}^2$.
- Volume = $100 \times 0,05 \times 0,8 = 4 \text{ m}^3 = 4.000 \text{ dm}^3 = 4.000 \text{ liter}$.
- Verifikasi sains: $100 \text{ m}^2 \times 50 \text{ mm} = 5.000 \text{ liter}$, lalu $\times 80\% = 4.000 \text{ liter}$.
- Kebutuhan harian = $200 + 300 = 500 \text{ liter/hari}$, sehingga $4.000 \div 500 = 8 \text{ hari}$.
- Kapasitas tangki minimal $4.000 \text{ liter} (4 \text{ m}^3)$.

Kegiatan 2

Aspek	Desain A (balok)	Desain B (tabung)
Volume	$2 \times 1 \times 1,5 = 3 \text{ m}^3 = 3.000 \text{ liter}$	$22/7 \times 0,7^2 \times 1,5 = 2,31 \text{ m}^3 = 2.310 \text{ liter}$
Luas permukaan	$2(2 + 3 + 1,5) = 13 \text{ m}^2$	$2 \times 22/7 \times 0,7 \times (0,7 + 1,5) = 9,68 \text{ m}^2$
Biaya bahan	Rp1.300.000	Rp968.000
Biaya per liter	$\approx \text{Rp}433$	$\approx \text{Rp}419$

- Diskusi (a): tidak ada yang memenuhi 4.000 liter. Desain A kurang 1.000 liter dan Desain B kurang 1.690 liter.
- Diskusi (b): Desain B sedikit lebih hemat per liter ($\approx \text{Rp}419$ dibanding $\approx \text{Rp}433$). Terima jawaban yang disertai data.
- Diskusi (c): tekanan air bertambah seiring kedalaman ($p = \rho g h$), sehingga dinding dasar tangki yang tinggi menerima gaya lebih besar dan perlu lebih kuat.
- Corong kerucut: $V = \frac{1}{3} \times 3,14 \times 0,3^2 \times 0,4 = 0,03768 \text{ m}^3 \approx 37,68 \text{ liter}$. Luas selimut = $3,14 \times 0,3 \times 0,5 = 0,471 \text{ m}^2$.

Kegiatan 3 (jawaban contoh, kandidat lain yang memenuhi batasan tetap diterima)

Aspek	Balok $2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$	Tabung $r = 1 \text{ m}$, $t = 1,3 \text{ m}$
Volume	$4 \text{ m}^3 = 4.000 \text{ liter}$	$3,14 \times 1^2 \times 1,3 \approx 4,082 \text{ m}^3 \approx 4.082 \text{ liter}$
Luas permukaan	$2(4 + 2 + 2) = 16 \text{ m}^2$	$2 \times 3,14 \times 1 \times (1 + 1,3) \approx 14,44 \text{ m}^2$
Biaya bahan	Rp1.600.000	$\approx \text{Rp}1.444.000$
Memenuhi batasan?	Ya (alas $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$, tinggi 1 m)	Ya (diameter 2 m , tinggi $1,3 \text{ m}$)

- Kesimpulan contoh: tabung lebih hemat sekitar Rp156.000 dibanding balok pada kapasitas yang hampir sama.
- Bonus (bola $r = 1 \text{ m}$): $V = \frac{4}{3} \times 3,14 \times 1^3 \approx 4,19 \text{ m}^3 \approx 4.187 \text{ liter}$. Luas permukaan = $4 \times 3,14 \times 1^2 = 12,56 \text{ m}^2$, biaya $\approx \text{Rp}1.256.000$. Bola paling hemat bahan, tetapi sulit dibuat dan dipasang, kurang stabil, dan sulit dibersihkan.

Pemeriksaan Pemahaman

1. $V = 3 \times 2 \times 1 = 6 \text{ m}^3 = 6.000 \text{ liter}$. $L = 2(6 + 3 + 2) = 22 \text{ m}^2$.
2. $V = 22/7 \times 7^2 \times 10 = 1.540 \text{ dm}^3 = 1.540 \text{ liter}$.
3. $V = \frac{4}{3} \times 3,14 \times 3^3 = 113,04 \text{ dm}^3$.
4. Contoh jawaban: untuk volume yang sama, bentuk yang lebih mendekati bola memiliki luas permukaan lebih kecil, sehingga bahan dindingnya lebih sedikit.

Saran alokasi waktu (70 menit): pengantar dan stimulus 5 menit, Kegiatan 1 sekitar 12 menit, Kegiatan 2 sekitar 25 menit, Kegiatan 3 sekitar 18 menit, kesimpulan dan pemeriksaan pemahaman sekitar 10 menit. Jika waktu terbatas, tantangan bonus dan pembuatan model dapat dijadikan tugas mandiri.