

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

EKSPLORASI SIFAT-SIFAT EKSPONEN BERBASIS STEM

Matematika SMA / Fase E

Model: STEM Project-Based Learning

Alokasi Waktu: 2 x 45 Menit

Kelompok : _____

Kelas : X _____

Anggota : 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

Kerangka Kerja STEM dalam Pembelajaran Ini

SCIENCE

Memahami fenomena alam/eksperimen fisik (pembelahan sel, peluruhan radioaktif, intensitas cahaya, frekuensi bunyi).

TECHNOLOGY

Menggunakan simulasi digital/alat ukur (mikroskop, sensor radiasi, lux meter, peng analisis audio digital).

ENGINEERING

Merancang solusi teknis dan model matematis untuk mengoptimalkan atau memprediksi kondisi nyata.

MATHEMATICS

Menemukan, membuktikan, dan menerapkan sifat-sifat eksponen untuk menyelesaikan permasalahan aljabar.

Petunjuk Umum Kerja Kelompok:

1. Bacalah skenario STEM yang diberikan khusus untuk kelompok Anda secara cermat.
2. Kerjakan setiap tahapan aktivitas (S-T-E-M) secara berurutan bersama anggota kelompok.
3. Gunakan sifat-sifat eksponen untuk menemukan keteraturan aljabar dan menyimpulkan aturan matematika.

Skenario Riset: Pertumbuhan Populasi Bakteri Kultur Lab

Tim peneliti bioteknologi mengamati pembelahan sel bakteri *E. coli*. Setiap sel membelah menjadi 2 sel setiap 20 menit (fase pemangkatan basis 2). Peneliti ingin menghitung total akumulasi sel dari dua sampel kultur yang digabungkan serta rasio perbandingannya.

1. **Science (Sain):** Sebuah sampel awal berisi 2^3 bakteri. Setelah beberapa jam, populasi berlipat ganda sebesar 2^4 kali lipat dari jumlah awal. Tuliskan bentuk perkalian berulang total bakteri sekarang:

(Bentuk perkalian: $(2 \times 2 \times 2) \times (2 \times 2 \times 2 \times 2) = \dots$)

2. **Technology & Mathematics (Teknologi & Matematika):** Menggunakan mikroskop pencacah digital, hitung total basis eksponen berikut dan temukan sifat matematika pertamanya:

a) Hitung hasil dari $2^3 \times 2^4 = 2^{(\dots)}$.

b) Kesimpulan Sifat 1: $a^m \times a^n = a^{(\dots)}$

Tuliskan alasan/aljabar dan pembuktian sifat perkalian pangkat di sini...

3. **Engineering (Rekayasa):** Jika sampel bakteri berjumlah 2^7 dimasukkan ke dalam larutan antibakteri sehingga populasinya berkurang menjadi seper- 2^3 bagiannya (dibagi 2^3):

a) Tuliskan bentuk pembagiannya: $2^7 / 2^3 = (2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2) / (2 \times 2 \times 2) = \dots$

b) Kesimpulan Sifat 2: $a^m / a^n = a^{(\dots)}$ (dengan syarat $a \neq 0$)

Jelaskan proses pembatalan/penyederhanaan faktor pada pembagian eksponen...

4. **Tantangan Aplikasi STEM:** Sebuah reaktor bio memiliki populasi awal 3^5 sel. Dalam waktu 2 jam, sel meningkat menjadi 3^4 kali lipat, kemudian dibagi ke dalam 3^3 tabung reaksi secara merata. Berapa jumlah sel pada masing-masing tabung reaksi dalam bentuk pangkat tunggal?

Langkah penyelesaian: $(3^5 \times 3^4) / 3^3 = \dots$

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

EKSPLORASI SIFAT-SIFAT EKSPONEN BERBASIS STEM

Matematika SMA / Fase E

Model: STEM Project-Based Learning

Alokasi Waktu: 2 x 45 Menit

Kelompok : _____

Kelas : X _____

Anggota : 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

Kerangka Kerja STEM dalam Pembelajaran Ini

SCIENCE

Memahami fenomena alam/eksperimen fisik (pembelahan sel, peluruhan radioaktif, intensitas cahaya, frekuensi bunyi).

TECHNOLOGY

Menggunakan simulasi digital/alat ukur (mikroskop, sensor radiasi, lux meter, peng analisis audio digital).

ENGINEERING

Merancang solusi teknis dan model matematis untuk mengoptimalkan atau memprediksi kondisi nyata.

MATHEMATICS

Menemukan, membuktikan, dan menerapkan sifat-sifat eksponen untuk menyelesaikan permasalahan aljabar.

Petunjuk Umum Kerja Kelompok:

1. Bacalah skenario STEM yang diberikan khusus untuk kelompok Anda secara cermat.
2. Kerjakan setiap tahapan aktivitas (S-T-E-M) secara berurutan bersama anggota kelompok.
3. Gunakan sifat-sifat eksponen untuk menemukan keteraturan aljabar dan menyimpulkan aturan matematika.

KELOMPOK 2: TEKNOLOGI ENERGI NUKLIR Fokus: Pemangkatan Eksponen & Pangkat Nol

Skenario Riset: Pengendalian Reaksi Berantai Reaktor Nuklir

Insinyur energi nuklir sedang merancang sistem peredam reaksi fisi nuklir. Reaksi berantai berlipat ganda secara eksponensial $(5^2)^3$. Selain itu, mereka harus memastikan bahwa ketika energi mencapai kondisi seimbang (selisih daya nol), output mengikuti aturan pangkat nol.

1. **Science & Engineering (Sain & Rekayasa):** Sebuah elemen bahan bakar memiliki tingkat reaksi awal 5^2 . Reaksi ini diperkuat bertingkat sebanyak 3 tahap penguat, sehingga dirumuskan sebagai $(5^2)^3$.

Jabarkan perkaliannya: $(5^2) \times (5^2) \times (5^2) = 5^{(2+2+2)} = \dots$

Berapa total pemangkatan akhir? Apakah $5^{2 \times 3}$?

2. **Mathematics (Matematika):** Berdasarkan pola di atas, rumuskan sifat pemangkatan bilangan berpangkat:

Kesimpulan Sifat 3: $(a^m)^n = a^{(\dots)}$

Tuliskan formula dan penjelasannya...

3. **Technology (Teknologi - Sensor Netralisasi Daya):** Sensor mencatat daya reaktor pembagi $5^3 / 5^3$.

a) Secara hitungan biasa: $125 / 125 = \dots$

b) Menggunakan Sifat 2 (Pembagian Pangkat): $5^3 / 5^3 = 5^{(3-3)} = 5^{(\dots)}$

c) Kesimpulan Sifat 4 (Pangkat Nol): $a^0 = \dots$ (dengan syarat $a \neq 0$)

Mengapa bilangan berpangkat 0 selalu bernilai 1? Jelaskan berdasarkan hasil di atas!

4. **Tantangan Aplikasi STEM:** Sistem keamanan nuklir memiliki daya stabil yang dinyatakan dengan $[(2^3)^4 \times 2^0] / 2^{10}$. Sederhanakan bentuk tersebut ke dalam bentuk paling sederhana!

Langkah penyelesaian: ...

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

EKSPLORASI SIFAT-SIFAT EKSPONEN BERBASIS STEM

Matematika SMA / Fase E

Model: STEM Project-Based Learning

Alokasi Waktu: 2 x 45 Menit

Kelompok : _____

Kelas : X _____

Anggota : 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

Kerangka Kerja STEM dalam Pembelajaran Ini

SCIENCE

Memahami fenomena alam/eksperimen fisik (pembelahan sel, peluruhan radioaktif, intensitas cahaya, frekuensi bunyi).

TECHNOLOGY

Menggunakan simulasi digital/alat ukur (mikroskop, sensor radiasi, lux meter, peng analisis audio digital).

ENGINEERING

Merancang solusi teknis dan model matematis untuk mengoptimalkan atau memprediksi kondisi nyata.

MATHEMATICS

Menemukan, membuktikan, dan menerapkan sifat-sifat eksponen untuk menyelesaikan permasalahan aljabar.

Petunjuk Umum Kerja Kelompok:

1. Bacalah skenario STEM yang diberikan khusus untuk kelompok Anda secara cermat.
2. Kerjakan setiap tahapan aktivitas (S-T-E-M) secara berurutan bersama anggota kelompok.
3. Gunakan sifat-sifat eksponen untuk menemukan keteraturan aljabar dan menyimpulkan aturan matematika.

Skenario Riset: Atenuasi Gelombang Cahaya Panel Surya

Tim teknisi fotonika menguji daya tembus foton cahaya melewati beberapa lapisan kaca pelindung sel surya. Intensitas cahaya berkurang secara eksponensial negatif (a^{-n}), dan transmisi gabungan melibatkan pemangkatan perkalian dua variabel $(a \times b)^n$.

1. **Science & Technology (Sain & Teknologi):** Dua spektrum gelombang a dan b difokuskan bersamaan dalam 3 lensa filter terintegrasi, dirumuskan $(a \times b)^3$.

Jabarkan perkaliannya: $(a \times b) \times (a \times b) \times (a \times b) = (a \times a \times a) \times (b \times b \times b) = \dots$

Kesimpulan Sifat 5: $(a \times b)^n = a^{(\dots)} \times b^{(\dots)}$

2. **Engineering (Rekayasa - Pembagian Pangkat Sama):** Jika rasio efisiensi dua bahan sel surya adalah $(a / b)^3$, jabarkan bentuk perkalian pecahannya!

Kesimpulan Sifat 6: $(a / b)^n = a^{(\dots)} / b^{(\dots)}$ (dengan syarat $b \neq 0$)

3. **Mathematics (Matematika - Pangkat Negatif):** Sensor mengukur reduksi intensitas cahaya dengan rumus pembagian $2^2 / 2^5$.

a) Bentuk pecahan biasa (penyederhanaan faktor): $(2 \times 2) / (2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2) = 1 / 2^{(\dots)}$

b) Menggunakan sifat pengurangan eksponen: $2^{(2 - 5)} = 2^{(\dots)}$

c) Kesimpulan Sifat 7 (Pangkat Negatif): $a^{-n} = 1 / a^{(\dots)}$

Jelaskan hubungan antara eksponen negatif dengan bentuk pecahan sebaliknya!

4. **Tantangan Aplikasi STEM:** Sederhanakan bentuk efisiensi foton berikut ke dalam pangkat positif: $(3x^{-2}y^3)^2 / (x^3y^{-1})$

Langkah penyelesaian: ...

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

EKSPLORASI SIFAT-SIFAT EKSPONEN BERBASIS STEM

Matematika SMA / Fase E

Model: STEM Project-Based Learning

Alokasi Waktu: 2 x 45 Menit

Kelompok : _____

Kelas : X _____

Anggota : 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

Kerangka Kerja STEM dalam Pembelajaran Ini

SCIENCE

Memahami fenomena alam/eksperimen fisik (pembelahan sel, peluruhan radioaktif, intensitas cahaya, frekuensi bunyi).

TECHNOLOGY

Menggunakan simulasi digital/alat ukur (mikroskop, sensor radiasi, lux meter, peng analisis audio digital).

ENGINEERING

Merancang solusi teknis dan model matematis untuk mengoptimalkan atau memprediksi kondisi nyata.

MATHEMATICS

Menemukan, membuktikan, dan menerapkan sifat-sifat eksponen untuk menyelesaikan permasalahan aljabar.

Petunjuk Umum Kerja Kelompok:

1. Bacalah skenario STEM yang diberikan khusus untuk kelompok Anda secara cermat.
2. Kerjakan setiap tahapan aktivitas (S-T-E-M) secara berurutan bersama anggota kelompok.
3. Gunakan sifat-sifat eksponen untuk menemukan keteraturan aljabar dan menyimpulkan aturan matematika.

KELOMPOK 4: AKUSTIK & AUDIO ENGINEERING Fokus: Eksponen Pecahan (Bentuk Akar)

Skenario Riset: Desain Akustik Ruang Konser & Skala Nada

Audio engineer sedang merancang studio musik. Frekuensi nada akustik berpindah antar oktaf mengikuti deret eksponensial pecahan. Hubungan antara pangkat pecahan dan bentuk akar ($a^{m/n} = \sqrt[n]{a^m}$) digunakan untuk menghitung resonansi gelombang suara.

1. **Science & Technology (Sain & Teknologi):** Sebuah gelombang suara mengalami pembesaran amplitudo bernilai x sedemikian hingga $(x)^2 = 8$. Maka $x = \sqrt{8} = 8^{1/2}$.

Jika amplitudo memenuhi $(y)^3 = 27$, maka $y = \sqrt[3]{27} = 27^{1/3} = \dots$

Apa hubungan antara akar pangkat n dengan eksponen $1/n$?

2. **Mathematics (Matematika - Eksponen Pecahan):** Tinjau bentuk $a^{3/2}$. Berdasarkan sifat pemangkatan $(a^m)^n$:

a) $a^{3/2} = (a^3)^{1/2} = \sqrt{a^3}$

b) Kesimpulan Sifat 8: $a^{m/n} = \sqrt[n]{a^m}$

Tuliskan aturan konversi dari bentuk pangkat pecahan ke bentuk akar dan sebaliknya...

3. **Engineering (Rekayasa Akustik):** Hitung nilai rasio amplitudo berikut dengan mengubahnya ke bentuk pangkat bulat/eksponen:

a) $16^{3/4} = (2^4)^{3/4} = 2^{(\dots)} = \dots$

b) $\sqrt[3]{125^2} = (125)^{2/3} = (5^3)^{2/3} = \dots$

Tuliskan perhitungan detail di sini...

4. **Tantangan Aplikasi STEM:** Sebuah sinyal audio digital memiliki tingkat intensitas suara $I = (27^{2/3} \times 16^{1/4}) / (8^{-1/3})$. Hitunglah nilai akhir intensitas suara tersebut!

Langkah penyelesaian: ...

PANDUAN GURU & RUBRIK PENILAIAN STEM

1. Rangkuman Sifat-Sifat Eksponen yang Ditemukan

No	Sifat Eksponen	Keterangan / Syarat
1	$a^m \times a^n = a^{m+n}$	Perkalian basis sama $\rightarrow$ pangkat dijumlahkan
2	$a^m / a^n = a^{m-n}$	Pembagian basis sama $\rightarrow$ pangkat dikurangi ($a \neq 0$)
3	$(a^m)^n = a^{m \times n}$	Pemangkatan bilangan berpangkat $\rightarrow$ pangkat dikalikan
4	$a^0 = 1$	Setiap bilangan tak nol berpangkat 0 bernilai 1 ($a \neq 0$)
5	$(a \times b)^n = a^n \times b^n$	Pemangkatan perkalian dua bilangan
6	$(a / b)^n = a^n / b^n$	Pemangkatan pembagian dua bilangan ($b \neq 0$)
7	$a^{-n} = 1 / a^n$	Eksponen negatif sebagai kebalikan (pembilang/penyebut)
8	$a^{m/n} = \sqrt[n]{a^m}$	Eksponen pecahan sebagai bentuk akar ($a > 0, n > 0$)

2. Rubrik Penilaian Asesmen STEM (Skor Maksimal = 100)

Indikator Assessment	Skor 1 (Perlu Bimbingan)	Skor 2 (Cukup)	Skor 3 (Baik)	Skor 4 (Sangat Baik)
Science (S) Pemahaman Konsep Fenomena	Belum mampu mengidentifikasi data konteks sains.	Mengidentifikasi data sains dengan banyak bantuan.	Mampu mengidentifikasi pola sains dengan benar.	Sangat tepat menganalisis fenomena sains ke dalam pola matematika.
Technology & Engineering (T & E) Analisis & Solusi Teknis	Tidak mampu menggunakan model/sifat matematika untuk solusi.	Menggunakan sifat eksponen namun prosedur rekayasa kurang tepat.	Langkah rekayasa tepat, penyelesaian runtut.	Inovatif, langkah rekayasa sangat sistematis dan terstruktur.
Mathematics (M) Keahlian Sifat Eksponen	Salah menerapkan sebagian besar sifat eksponen.	Menguasai 1-2 sifat eksponen dengan bantuan.	Menguasai sifat eksponen dengan sedikit kekeliruan.	Sangat mahir membuktikan dan menerapkan seluruh sifat eksponen.
Kolaborasi & Komunikasi	Pasif dalam kerja kelompok.	Aktif hanya jika diminta.	Beperan aktif dalam diskusi kelompok.	Memimpin diskusi dan mampu mempresentasikan hasil secara jelas.