

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Topik: Interaksi Muatan & Formulasi Hukum Coulomb

Kerjakan langsung di laptop kelompok masing-masing!

- **Nama Kelompok:** _____
- **Kelas:** _____
- **Anggota:** 1. _____ 2. _____ 3. _____

A. PILIHAN JALUR PRAKTIKUM (Diferensiasi Proses)

Instruksi Kerja:

1. Diskusikan bersama kelompokmu, media apa yang ingin kalian gunakan untuk eksperimen.
 2. Beri tanda centang (✓) pada salah satu pilihan jalur di bawah ini.
- ☐ **Jalur A (Hands-on / Kinestetik):** Menggunakan 2 Balon asli, Kain Wol, dan Statif/Benang.
 - ☐ **Jalur B (Simulasi Digital / Visual):** Buka link simulasi PhET berikut di tab baru laptopmu: **PhET Balloons and Static Electricity** (<https://phet.colorado.edu/en/simulations/balloons-and-static-electricity>)

B. PERCOBAAN & TABEL PENGAMATAN (Sebelum vs Sesudah Digosok)

Instruksi Kerja:

1. **Langkah 1:** Buka simulasi PhET atau pegang alat praktikum balonmu.
2. **Langkah 2:** Amati muatan awal pada balon dan baju wol sebelum digosok. Ketik hasil pengamatanmu pada kolom "**Muatan Awal**".
3. **Langkah 3:** Gosokkan balon ke baju wol beberapa kali. Amati perpindahan muatannya! Ketik hasilnya pada kolom "**Muatan Akhir**".
4. **Langkah 4:** Dekatkan balon ke baju wol, ke balon lain, dan ke dinding. Amati apakah terjadi fenomena **Tarik-menarik** atau **Tolak-menolak**.
5. **Langkah 5:** Ketik/lengkapilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil pengamatan kelompokmu!

Kondisi Benda	Muatan Awal (Sebelum Digosok)	Muatan Akhir (Sesudah Digosok)	Jenis Muatan Setelah Digosok	Hasil Interaksi (Tarik-menarik / Tolak-menolak)
Balon vs Baju Wol	Netral	Balon menerima elektron	Balon: Negatif	Tarik-menarik

Kondisi Benda	Muatan Awal (Sebelum Digosok)	Muatan Akhir (Sesudah Digosok)	Jenis Muatan Setelah Digosok	Hasil Interaksi (Tarik-menarik / Tolak-menolak)
			Baju Wol: Positif	
Balon 1 vs Balon 2 (Keduanya digosok)	Netral	Keduanya menerima elektron	Sama-sama Negatif	<i>Ketik jawaban di sini...</i>
Balon vs Dinding Netral	Netral	Dinding terinduksi	Balon: Negatif Dinding: Induksi	<i>Ketik jawaban di sini...</i>

C. ANALISIS KASUS KONTEKSTUAL (Meaningful Inquiry)

Instruksi Kerja:

1. Bacalah studi kasus nyata tentang fenomena listrik statis di bawah ini bersama kelompokmu.
2. Analisis masalahnya dan **ketik jawaban hasil diskusi kelompokmu** pada tempat yang telah disediakan di laptop!

Studi Kasus: "Bahaya Petir dan Fenomena Mobil Tangki Bahan Bakar"

• Kasus 1: Fenomena Penangkal Petir di Sekolah / Gedung Tinggi

Saat cuaca mendung, awan bermuatan negatif yang sangat besar melintas di atas gedung sekolah. Tanpa adanya sistem penangkal petir, loncatan muatan listrik statis yang sangat besar (petir) dapat menyambar dan merusak bangunan. Namun, setelah dipasang tiang tembaga penangkal petir di puncak gedung yang terhubung ke tanah (grounding), gedung menjadi aman dari sambaran.

• Kasus 2: Rantai Besi pada Mobil Tangki Bensin

Jika kamu memperhatikan truk/mobil tangki pengangkut bahan bakar minyak (BBM), di bagian belakang bawah truk biasanya dipasang rantai besi yang sengaja dibiarkan menyentuh dan menyeret permukaan jalan raya saat truk berjalan.

Pertanyaan Analisis Kasus:

1. Analisis Kasus 1 (Penangkal Petir):

Berdasarkan konsep interaksi muatan, mengapa muatan listrik dari awan lebih mudah menyambar ke tiang penangkal petir di puncak gedung dibandingkan ke tanah datar di sekitarnya? Jelaskan hubungannya dengan jarak (r) dan gaya Coulomb (F)!

 **Ketik Jawaban Kelompok di Sini:**

(Ketik jawaban di sini...)

2. Analisis Kasus 2 (Truk Tangki BBM):

Gesekan antara bahan bakar cair di dalam tangki dengan dinding tangki saat mobil berjalan dapat menimbulkan akumulasi muatan listrik statis. Mengapa rantai besi yang menyeret ke jalan sangat penting dipasang untuk mencegah kebakaran/ledakan?

 **Ketik Jawaban Kelompok di Sini:**

(Ketik jawaban di sini...)

D. FORMULASI HUKUM COULOMB

Instruksi Kerja:

- Lakukan eksperimen kecil lanjutan pada PhET / Balon:
 - Uji 1:** Gosok balon sebentar (muatan kecil) vs gosok balon sangat lama (muatan q besar). Beda gaya tarik/dorongnya?
 - Uji 2:** Dekatkan dua balon bermuatan pada jarak sangat dekat vs jarak dijauhkan (r). Beda gaya tarik/dorongnya?
- Berdasarkan hasil ujimu, **pilihlah kata dalam kurung [BESAR / KECIL]** dengan cara menghapus kata yang salah atau memberi warna (highlight) pada kata yang benar!

1. Pengaruh Besar Muatan (q):

Saat jumlah muatan (q) pada balon makin besar, maka Gaya Coulomb (F) yang dirasakan akan semakin [**BESAR / KECIL**].

→ **Kesimpulan 1:** Gaya (F) berbanding lurus dengan muatan ($q_1 \times q_2$)

2. Pengaruh Jarak (r):

Saat jarak (r) antar muatan makin dijauhkan, maka Gaya Coulomb (F) yang dirasakan akan semakin [**BESAR / KECIL**].

→ **Kesimpulan 2:** Gaya (F) berbanding terbalik dengan kuadrat jarak ($1/r^2$)

3. Rumus Hukum Coulomb:

Berdasarkan Kesimpulan 1 dan 2, lengkapilah rumus Hukum Coulomb di bawah ini dengan menyisipkan variabel **q1**, **q2**, dan **r²**:

$$F = k \times ([...] \times [...]) / [...]$$

E. APLIKASI RUMUS BERJENJANG (Diferensiasi Konten)

Petunjuk Cara Menjawab Soal Hitungan:

Kamu boleh memilih salah satu cara di bawah ini untuk mengisi jawaban:

- **Cara A (Ketik Langsung):** Ketik simbol biasa, contoh: $F = (9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}) / (0,03)^2$.
- **Cara B (Foto Coretan):** Kerjakan hitungan di kertas/buku catatan, foto pakai HP/webcam laptop, lalu *paste* (tempel) fotonya di bawah soal ini!

LEVEL 1 (BASIC - Wajib Semua Kelompok)

Dua muatan $q_1 = +2 \text{ C}$ dan $q_2 = +3 \text{ C}$ terpisah sejauh $r = 1 \text{ m}$ di udara ($k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$). Hitung besar Gaya Coulombnya!

- **Jawaban:**

$$F = (9 \times 10^9) \times (2 \times 3) / (1^2) = \dots\dots\dots \text{ N}$$

LEVEL 2 (INTERMEDIATE - Tantangan Standar)

Dua buah balon bermuatan $q_1 = +2 \times 10^{-6} \text{ C}$ dan $q_2 = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$ terpisah pada jarak $r = 3 \text{ cm}$ ($0,03 \text{ m}$ atau $3 \times 10^{-2} \text{ m}$). Hitung besar gaya tolak-menolaknya! ($k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)

- **Jawaban (Ketik / Tempel Foto Coretan di Sini):**

LEVEL 3 (ADVANCED - Tantangan Pengayaan)

Dua muatan terpisah sejauh r menghasilkan gaya $F = 100 \text{ N}$. Jika jaraknya dijauhkan menjadi $2r$ (2 kali semula), tentukan besar Gaya Coulomb yang baru (F_2)!

- **Jawaban (Ketik / Tempel Foto Coretan di Sini):**

F. TUGAS PRODUK & PRESENTASI (Diferensiasi Produk)

Instruksi Kerja:

1. Buatlah **1 Produk Ringkasan** hasil diskusimu bersama kelompok.
2. Pilihlah format produk di bawah ini (Beri tanda $\checkmark$):

- [] **Pilihan A:** Poster / Infografis Digital (Dibuat pakai Canva, lalu *paste/tempel* link Canva di E-LKPD ini).
 - [] **Pilihan B:** Slide Presentasi Canva / PowerPoint (Siap dipresentasikan 3 menit di depan kelas).
 - [] **Pilihan C:** Laporan Digital Lengkap (Mengetik lengkap di dokumen E-LKPD ini).
3. Jika sudah selesai, klik tombol "**Submit**" / "**Turn In**" di Liveworksheets kelompok kalian!