



Be Strong!

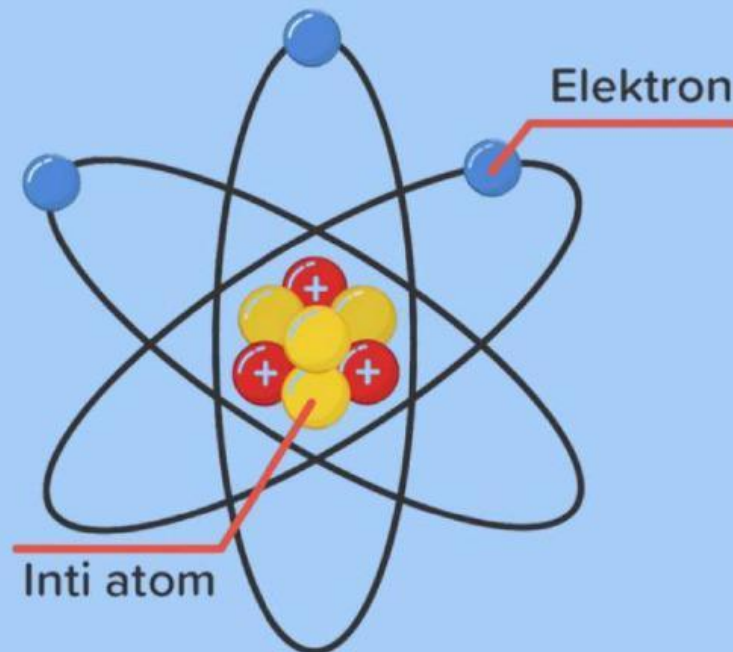
UNIVERSITAS LAMPUNG
Berintegritas Anti Korupsi | Sejak 1965



E-MODUL

PENANGGALAN RADIOAKTIF

SMA KELAS XII/FASE F



Disusun Oleh :

Muhammad Rafi (2313022043)

Reva Mela Yunita (2313022057)

Program Studi Pendidikan Fisika

Universitas Lampung

Tahun Ajaran 2025/2026

Petunjuk Penggunaan E-Modul

1. Pastikan gawai atau laptop Anda telah terhubung dengan jaringan internet yang stabil sebelum mengakses e-modul.
2. Gunakan peramban (browser) terbaru seperti Google Chrome atau Mozilla Firefox agar seluruh fitur multimedia dapat dimuat dengan sempurna.
3. Buka tautan e-modul yang telah dibagikan dan langsung isi identitas kelompok Anda pada kolom interaktif di halaman sampul (cover).
4. Ikuti alur halaman e-modul secara runtut dari atas ke bawah tanpa melewatkan satu pun tahapan pembelajaran yang tersedia.
5. Klik ikon pemutar video berita CNN Indonesia di dalam modul untuk mengamati fenomena alam yang disajikan.
6. Ketik langsung rumusan masalah dan hipotesis kelompok Anda pada kotak esai digital yang telah disediakan.
7. Klik tautan laboratorium virtual PhET Radioactive Dating Game untuk melakukan eksperimen mandiri, lalu input data hasil pengamatan Anda langsung ke dalam tabel digital di e-modul.
8. Diskusikan hasil analisis data grafik peluruhan bersama teman kelompok Anda, lalu ketik kesimpulan akhir pada kolom yang tersedia.
9. Gulir halaman hingga ke bagian paling bawah jika seluruh aktivitas belajar telah selesai dikerjakan.
10. Klik tombol "Finish" pada akhir halaman, lalu pilih opsi "Email my answers to my teacher".
11. Isi data identitas kelompok Anda secara lengkap dan masukkan alamat email guru Anda dengan benar agar hasil kerja tidak hilang dan terbaca oleh sistem.
12. Segarkan kembali (refresh) halaman web Anda atau hubungi guru secara langsung jika menemui kendala teknis saat memuat simulasi atau video.

Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menjelaskan konsep waktu paruh (half-life) sebagai karakteristik unik setiap isotop dengan tepat.
2. Peserta didik dapat menghitung sisa zat radioaktif setelah melewati beberapa periode waktu paruh dengan benar.
3. Peserta didik dapat menganalisis usia objek purba melalui data persentase isotop dan grafik peluruhan secara akurat.



Ayo Kerjakan Pretest!

Silahkan scan barcode di bawah ini untuk mengerjakan Pretest untuk mengetahui pemahaman awalmu!



Orientation

Ayo Menonton Video Fenomena

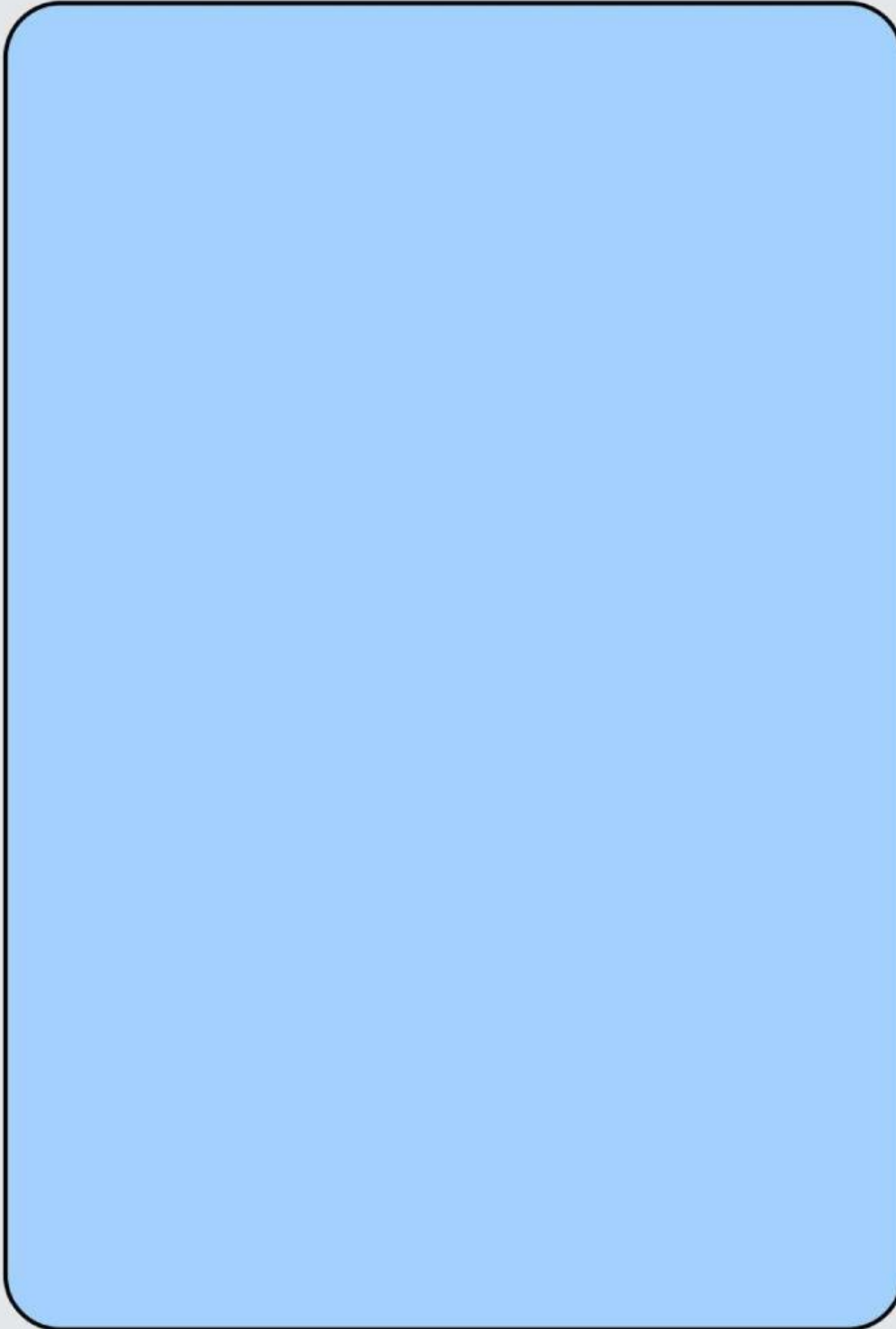
Silahkan scan barcode di bawah ini untuk menonton video sebagai bahan untuk menjawab beberapa pertanyaan yang disajikan!



sumber: youtube (CNN Indonesia)

"Fosil ini tertimbun sangat dalam di tanah. Tidak ada saksi mata, tidak ada catatan sejarah. Dari mana para ahli paleontologi bisa menyebutkan angka 90 Juta Tahun dengan sangat spesifik?"

Jika kita ingin mengukur waktu, kita pakai jam. Tapi mungkinkah di dalam tulang dinosaurus ini ada jam yang terus berdetak meskipun ia sudah mati jutaan tahun lalu? Bagaimana cara kerjanya?



Conceptualization

Ayo merumuskan masalah dan Hipotesis!

Tuliskan rumusan masalah berdasarkan diskusi dan jawaban dari pertanyaan sebelumnya secara berkelompok!

Tuliskan hipotesis yang sesuai berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat!

Investigation

Akses Simulasi

Silahkan lakukan percobaan menggunakan simulasi PhET melalui QR Code berikut.



Tabel Percobaan

- Isi kolom ini dengan nama fosil makhluk hidup atau jenis batuan purba yang kalian temukan saat menggeser alat detektor di simulasi PhET.
- Catat angka persentase sisa zat aktif yang muncul pada layar monitor detektor untuk masing-masing objek.
- Tentukan usia objek dengan cara mencocokkan nilai persentase tersebut pada grafik kurva peluruhan yang tersedia di simulasi.
- Jangan lupa ketik perkiraan usia kelompok kalian di kolom Guess, lalu klik "Check Answer" untuk menguji hasil perkiraan umurnya!

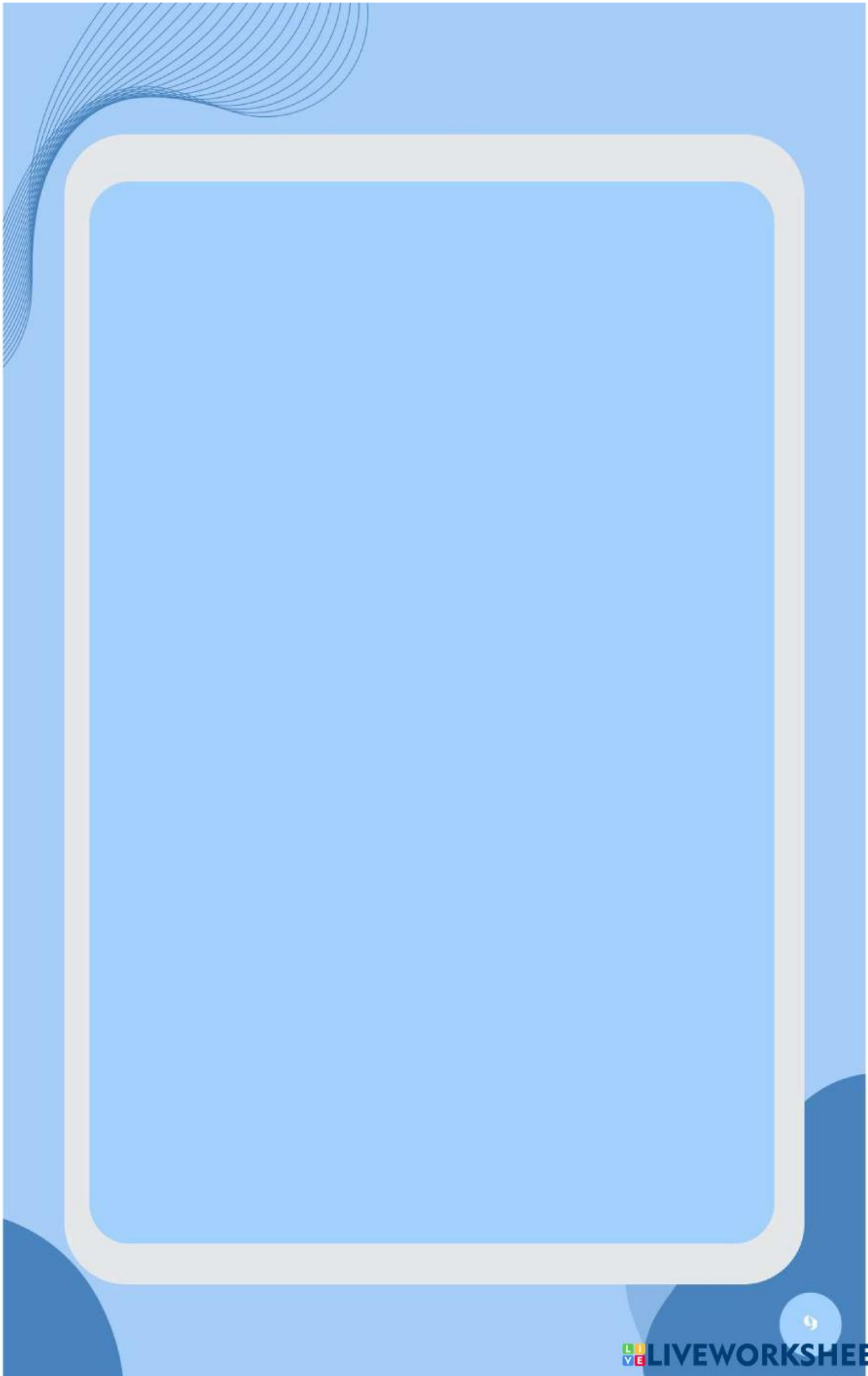
No	Nama Objek Fosil	Persentase Sisa Unsur (%)	Usia Objek yang Terbaca (Tahun)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Conclusion

Studi Kasus

Baca dan cermati studi kasus berikut ini. Kemudian analisislah metode penanggulangan yang paling tepat berdasarkan waktunya!





Discussion

Tuliskan kesimpulan yang diperoleh setelah mengikuti pembelajaran!



Ayo Kerjakan Posttest!

Silahkan scan barcode di bawah ini untuk mengerjakan Posttest untuk mengetahui pemahaman awalmu!



Reflection

Tuliskan pemahaman yang kamu dapat setelah mengikuti pembelajaran! Kemudian berikan saran atau masukan untuk pembelajaran pada pertemuan selanjutnya!

MATERI PEMBELAJARAN

Penanggalan Radiokarbon

A. Pengertian Penanggalan Radiokarbon

Penanggalan radiokarbon merupakan metode penentuan umur benda-benda organik berdasarkan peluruhan isotop radioaktif karbon-14 (^{14}C). Metode ini menjadi salah satu teknik penanggalan yang paling banyak digunakan dalam bidang arkeologi karena mampu menentukan usia berbagai peninggalan sejarah yang berasal dari makhluk hidup, seperti kayu, tulang, arang, kain, kertas, dan fosil.

Karbon-14 terbentuk secara alami di atmosfer dan terus berinteraksi dengan makhluk hidup melalui siklus karbon. Selama organisme masih hidup, jumlah karbon-14 di dalam tubuhnya relatif tetap karena terjadi pertukaran karbon secara terus-menerus dengan lingkungan. Namun, setelah organisme mati, pertukaran karbon berhenti sehingga jumlah karbon-14 mulai berkurang akibat peluruhan radioaktif.

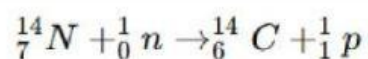
Dengan mengukur jumlah karbon-14 yang tersisa pada suatu sampel dan membandingkannya dengan jumlah karbon-14 pada organisme hidup, para ilmuwan dapat memperkirakan umur sampel tersebut. Oleh karena itu, metode radiokarbon menjadi alat penting dalam mengungkap sejarah kehidupan dan peradaban manusia di masa lampau.

B. Pembentukan Karbon-14 di Atmosfer

Karbon-14 merupakan radionuklida kosmogenik yang terbentuk di lapisan atmosfer bumi. Pembentukannya diawali oleh sinar kosmik yang berasal dari luar angkasa. Ketika sinar kosmik memasuki atmosfer, terjadi tumbukan dengan atom-atom penyusun udara sehingga menghasilkan neutron berenergi tinggi.

Neutron tersebut kemudian berinteraksi dengan atom nitrogen-14 (^{14}N) yang banyak terdapat di atmosfer. Reaksi tersebut menghasilkan karbon-14 (^{14}C) dan proton.

Persamaan reaksinya adalah:



MATERI PEMBELAJARAN

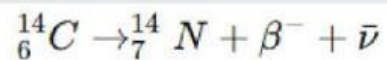
Karbon-14 yang terbentuk akan bergabung dengan oksigen membentuk karbon dioksida radioaktif ($^{14}\text{CO}_2$). Gas ini kemudian diserap tumbuhan melalui proses fotosintesis. Selanjutnya karbon-14 berpindah ke hewan dan manusia melalui rantai makanan.

Akibat proses tersebut, seluruh makhluk hidup mengandung sejumlah kecil karbon-14 selama hidupnya. Keberadaan karbon-14 inilah yang menjadi dasar dalam teknik penanggalan radiokarbon.

C. Peluruhan Karbon-14 dan Waktu Paruh

Karbon-14 merupakan isotop radioaktif yang tidak stabil. Isotop ini akan mengalami peluruhan beta (β^-) menjadi nitrogen-14 dengan memancarkan elektron.

Persamaan peluruhannya adalah:



Karbon-14 memiliki waktu paruh sekitar 5.730 tahun. Waktu paruh adalah waktu yang diperlukan suatu zat radioaktif untuk meluruh hingga tersisa setengah dari jumlah awalnya.

Sebagai ilustrasi:

Waktu (tahun)	Persentase Karbon-14 Tersisa
0	100%
5.730	50%
11.460	25%
17.190	12,5%
22.920	6,25%

Karena peluruhannya berlangsung secara teratur, karbon-14 dapat digunakan sebagai "jam alami" untuk menentukan usia suatu benda organik.

MATERI PEMBELAJARAN

D. Perhitungan Umur dengan Metode Radiokarbon

Penentuan umur sampel dilakukan dengan membandingkan jumlah karbon-14 yang tersisa terhadap jumlah awal karbon-14 pada organisme hidup.

Persamaan dasar peluruhan radioaktif adalah:

$$N_t = N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

Keterangan:

- N_t = jumlah karbon-14 yang tersisa
- N_0 = jumlah karbon-14 awal
- t = umur sampel
- $t_{1/2}$ = waktu paruh karbon-14 (5.730 tahun)

Jika ingin menentukan umur sampel, digunakan rumus:

$$t = t_{1/2} \times \frac{\log(N_t/N_0)}{\log(1/2)}$$

Contoh Soal

Sebuah fosil hanya memiliki 12,5% karbon-14 dari jumlah awalnya. Tentukan umur fosil tersebut!

Diketahui:

$$12,5\% = \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2} \right)^3$$

Artinya telah terjadi tiga kali waktu paruh.

$$t = 3 \times 5730$$

$$t = 17.190 \text{ tahun}$$

Jadi usia fosil tersebut adalah sekitar **17.190 tahun**.

MATERI PEMBELAJARAN

E. Penerapan Penanggalan Radiokarbon

Metode radiokarbon telah memberikan banyak kontribusi dalam bidang ilmu pengetahuan, terutama arkeologi dan geologi. Teknik ini digunakan untuk menentukan usia berbagai peninggalan sejarah dan benda purbakala.

Beberapa contoh penerapannya antara lain:

1. Menentukan usia fosil manusia purba.
2. Menentukan umur tulang hewan purba.
3. Mengukur usia arang hasil pembakaran kuno.
4. Menentukan umur lukisan dinding gua.
5. Menentukan usia naskah kuno dan artefak kayu.
6. Meneliti sejarah perubahan iklim dan lingkungan.

Melalui metode ini, para ilmuwan dapat menyusun kronologi sejarah secara lebih akurat sehingga perkembangan peradaban manusia dapat dipahami dengan lebih baik.

F. Kelebihan dan Keterbatasan Metode Radiokarbon

Metode radiokarbon memiliki beberapa kelebihan, yaitu mampu memberikan estimasi usia yang cukup akurat, dapat digunakan pada berbagai bahan organik, dan telah terbukti efektif dalam penelitian arkeologi.

Namun demikian, metode ini juga memiliki keterbatasan. Penanggalan radiokarbon hanya dapat digunakan pada benda yang mengandung karbon organik. Selain itu, metode ini kurang efektif untuk benda yang berumur lebih dari sekitar 50.000 tahun karena jumlah karbon-14 yang tersisa sudah sangat sedikit sehingga sulit diukur.

Kontaminasi sampel oleh karbon dari lingkungan juga dapat memengaruhi hasil pengukuran. Oleh karena itu, proses pengambilan dan pengujian sampel harus dilakukan dengan sangat hati-hati agar hasil yang diperoleh tetap akurat.