

Apa itu STEM?

STEM menggabungkan Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika - bidang-bidang terpisah dalam kurikulum nasional di seluruh dunia namun dengan keterkaitan yang kuat. Mata pelajaran ini memiliki relevansi dengan dunia nyata dan kegunaan vokasional yang penting.

Pemerintah di berbagai negara mengakui STEM sebagai pendorong utama ekonomi modern. Namun, tujuan dan proses sains berbeda secara fundamental dari teknologi, dan keterkaitan di antara keduanya tidak sesederhana yang banyak orang pikirkan.



STEREOTIP

Persepsi tentang Ilmuwan dan Insinyur

Ilmuwan: Perubahan Persepsi

Lima tahun lalu, murid-murid menggambar ilmuwan sebagai pria berambut putih dengan jas lab - seperti Doc dalam *Back to the Future*. Kini, ada perubahan signifikan: beberapa murid menggambar ilmuwan sebagai perempuan, berpakaian seperti penjelajah dengan topi matahari, kaca pembesar, dan buku catatan.

Insinyur: Stereotip Bertahan

Meskipun ada upaya untuk memperluas daya tarik teknik dan sains fisika selama bertahun-tahun, insinyur masih digambarkan sebagai laki-laki dengan topi keras dan membawa kunci pas besar.

Pandangan Pemerintah tentang STEM

Politisi di seluruh dunia memiliki pandangan stereotip dan sering merujuk 'sains dan teknologi' sebagai satu kesatuan epistemologis - aktivitas tunggal yang tak terpisahkan sebagai pendorong utama ekonomi modern.

Inggris Raya

Komite Sains dan Teknologi memastikan kebijakan pemerintah didasarkan pada nasihat ilmiah dan teknik yang baik, mendukung aspek ekonomi, keamanan nasional, dan lingkungan.

Amerika Serikat

Kantor Kebijakan Sains dan Teknologi memberikan nasihat kepada Presiden tentang aspek ilmiah, teknik, dan teknologi dari ekonomi, keamanan nasional, dan lingkungan.

Australia

Meningkatkan kemampuan STEM adalah inti dari agenda sains pemerintah. Ekonomi global berubah, menciptakan industri baru dan memerlukan keterampilan baru untuk pekerja di semua tingkatan.



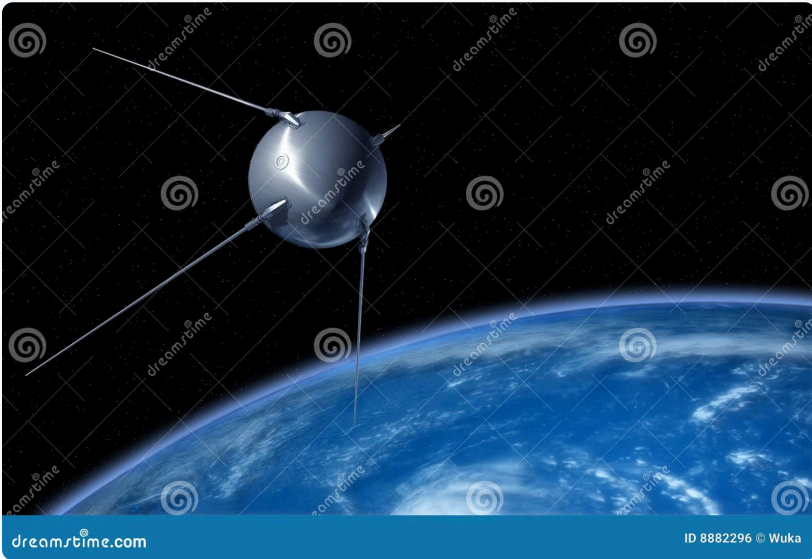
Kelahiran STEM

Pada tahun 1944, Presiden AS Franklin D. Roosevelt menulis surat kepada Direktur Kantor Penelitian dan Pengembangan Ilmiah. Ia menekankan bahwa perkembangan luar biasa telah dibuat untuk upaya perang dalam kerahasiaan besar, dan sudah waktunya mempertimbangkan bagaimana kemajuan serupa dapat dipromosikan di masa damai.

"Apa yang dapat dilakukan untuk membuat kontribusi yang telah dibuat selama upaya perang kita terhadap pengetahuan ilmiah diketahui dunia secepat mungkin? Penyebaran pengetahuan semacam itu harus membantu kita merangsang perusahaan baru, menyediakan pekerjaan bagi anggota layanan dan pekerja lain yang kembali."



Sputnik dan Kebangkitan STEM



Pada tahun 1957, peluncuran Sputnik oleh Uni Soviet mengguncang dunia kapitalis Barat. Kejutan itu mendalam karena menyiratkan bahwa komunisme, yang sangat dibenci di Amerika pasca-perang, berada di depan Barat kapitalis dalam 'sains dan teknologi'.

Tiba-tiba ada kesadaran bahwa pendidikan STEM - yang dianggap sangat penting untuk mengembangkan basis industri dan menyediakan pekerjaan - tampaknya tertinggal di belakang 'Rusia'. Perlombaan Antariksa telah dimulai dan pistol start pendidikan STEM telah ditembakkan.

Tonggak Sejarah Pendidikan STEM



1956–1957

**Physical Science Study Committee;
Sputnik**



1962–1966

School Mathematics; Nuffield Science



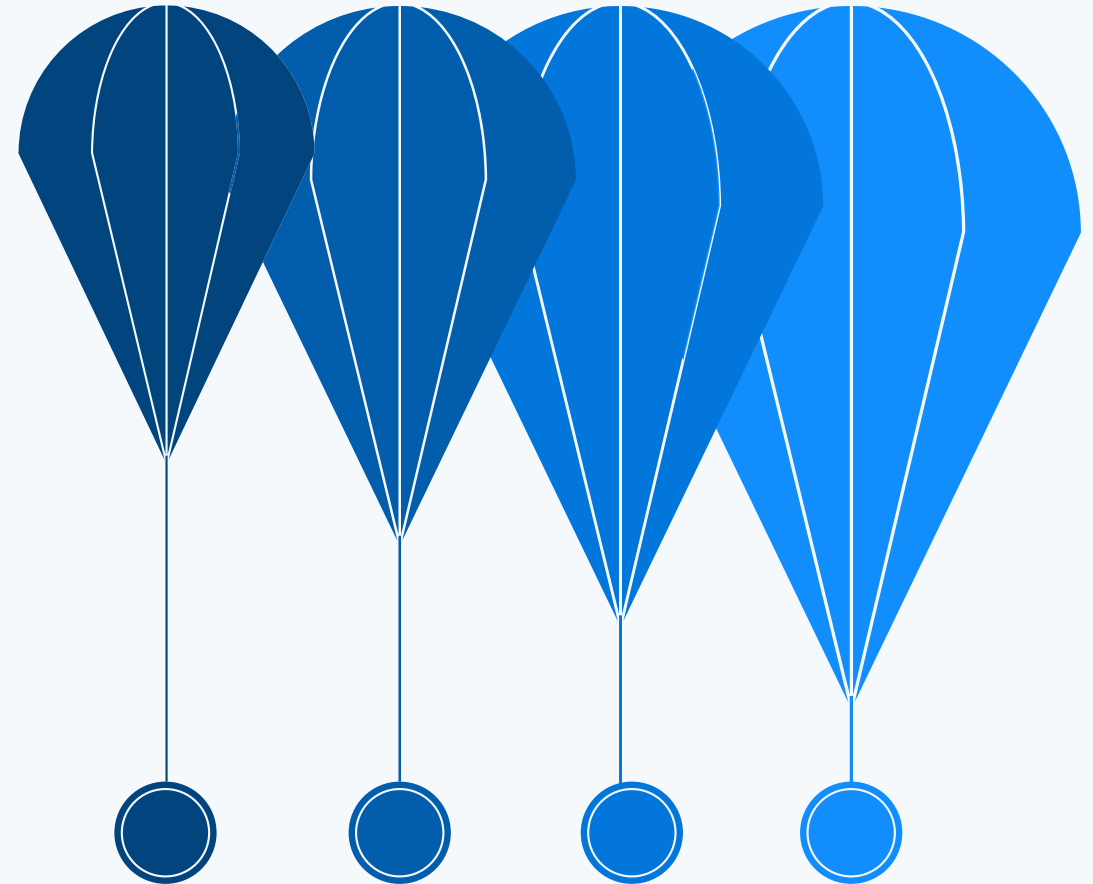
1969

Pendaratan Bulan, dorongan sains



1988–2017

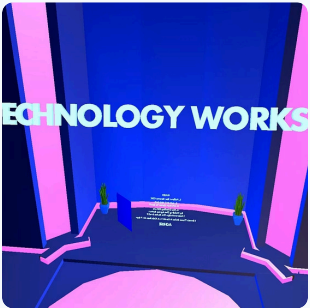
**National Curriculum hingga English
Baccalaureate**



Setelah sprint awal, pengembangan pendidikan STEM di sekolah berubah menjadi maraton yang stabil. Dari fokus pada pembaruan kurikulum fisika di MIT hingga pendekatan humanistik Harvard Project Physics, dari pendekatan eksperiensial Nuffield hingga reformasi kurikulum nasional, perjalanan STEM telah membentuk cara kita mengajar dan belajar.

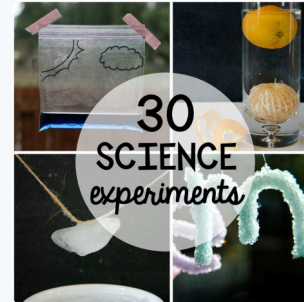
Perbedaan Pengetahuan Sains dan Teknologi

Siswa ingin tahu *mengapa* sesuatu seperti itu atau *bagaimana* sesuatu bekerja - mereka mencari jawaban untuk dua jenis pertanyaan yang berbeda.



Pengetahuan Teknologi: "Tahu Bagaimana"

Bagaimana sesuatu bekerja, bagaimana digunakan, bagaimana meningkatkan fungsi sesuatu, atau bagaimana menciptakan sesuatu dengan tujuan baru. Ini adalah pengetahuan praktis aplikasi.



Pengetahuan Sains: "Tahu Mengapa"

Mengapa dunia seperti ini, membantu kita memahami aturan yang mengonfirmasi kesepakatan umum tentang apa yang kita ketahui, dan merasionalisasi pengalaman indera kita.

- ❏ Kesimpulan sederhana: Teknologi tentang menciptakan artefak dan memecahkan masalah, sementara sains terutama tentang menggambarkan dan menjelaskan fenomena di dunia.



Teknologi Sebelum Sains?

Asumsi bahwa pengetahuan sains selalu mendahului pengetahuan teknologi dapat ditantang melalui contoh-contoh yang luas dari sejarah.

1

Zaman Kuno

Cara memurnikan tembaga telah diketahui sejak zaman kuno, ribuan tahun sebelum konsep oksidasi dan reduksi dipahami.

2

1795

Appert merancang metode mengawetkan makanan dengan memanaskannya (untuk membunuh bakteri) dan segera menyegelnya dalam wadah - jauh sebelum Pasteur mengusulkan 'Teori Aksi Bakteri'.

3

Abad ke-18

Inggris menjadi 'bengkel uap' dunia setelah penemuan mesin uap komersial pertama oleh Savery dan Newcomen - namun konsep bahwa panas adalah bentuk energi yang mampu melakukan kerja datang kemudian.

Hubungan Modern Sains dan Teknologi

Periode awal abad ke-18 sering disebut 'Zaman Pencerahan' atau 'Zaman Akal' dan menandai perubahan signifikan dalam pemikiran tentang dunia dan bagaimana kita dapat memanipulasinya.

Yuval Harari menunjukkan bahwa baru pada masa Pencerahan manusia menyadari bahwa ada banyak pengetahuan baru yang dapat ditemukan dan dieksploitasi. Di sinilah hubungan antara sains dan teknologi berkembang pesat.

Menemukan pengetahuan baru dan kemudian mengeksploitasinya memerlukan pendanaan yang signifikan. Harari menyarankan pihak ketiga memasuki hubungan - kapitalisme. Mereka yang memiliki dana untuk berinvestasi membayar untuk penemuan ilmiah dan eksploitasinya, dengan harapan mereka akan mendapat keuntungan signifikan.

Aliansi Tiga Pihak

Sains, teknologi, dan kapitalisme (melalui investasi swasta dan pemerintah) telah memungkinkan sains dan teknologi mengembangkan sinergi signifikan yang telah menghasilkan dunia yang kita miliki saat ini.

Teknologi: Lebih dari Sekedar Aplikasi Sains

"Ini adalah pengetahuan tentang teknik, metode, dan desain yang berhasil, dan yang bekerja dengan cara tertentu dan dengan konsekuensi tertentu, bahkan ketika kita tidak dapat menjelaskan dengan tepat mengapa. Jika umat manusia terbatas pada teknologi yang dipahami dalam pengertian ilmiah, ia akan lenyap dari tempat kejadian sejak lama."

- Nathan Rosenberg, ekonom

Teknolog saat ini menggunakan banyak ide dan 'aturan praktis' yang membantu tetapi tidak ilmiah. Contohnya termasuk ide gaya sentrifugal, aliran panas (seperti fluida), dan gagasan bahwa vakum 'menghisap'.

Kesamaan dalam Pembelajaran Sains dan Teknologi

Sains tidak perlu mendahului teknologi, tetapi teknologi dapat dirangsang oleh temuan sains. 'Hukum alam' yang dirumuskan oleh sains menetapkan batasan tertentu di mana semua aktivitas teknologi harus berlangsung.



Sains Merangsang Teknologi

Penemuan ilmiah dapat menyarankan produk baru seperti laser dan pencitraan resonansi magnetik nuklir dalam kedokteran.

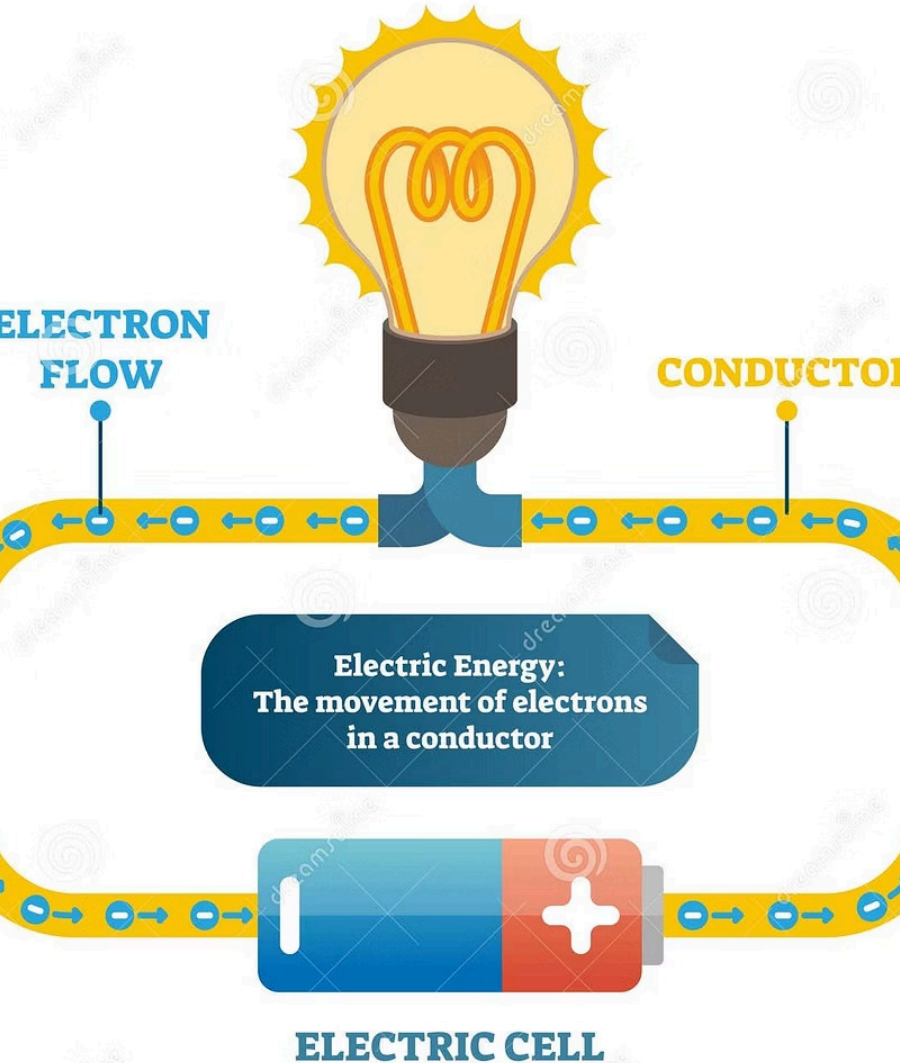


Teknologi Merangsang Sains

Teknologi memberikan stimulus bagi sains untuk menjelaskan mengapa hal-hal bekerja seperti yang mereka lakukan. Teleskop luar angkasa dan satelit penjelajah mempromosikan tantangan baru untuk sains.

Pada tahun 2019, gambar pertama lubang hitam adalah kombinasi teknologi teleskop radio yang terhubung di seluruh dunia yang dikaitkan dengan pemrograman komputer yang sangat canggih.

ELECTRIC ENERGY



Konsep Sains vs Konsep Teknologi

Penting untuk membedakan antara konsep yang terkait langsung dengan 'tahu bagaimana' (konsep teknologi) dan konsep yang terkait dengan 'tahu mengapa' (konsep sains).

Contoh: Elektron

Elektron adalah konsep, partikel atom fundamental. Sains mampu menggambarkan massa, muatan, dan properti lainnya. Dalam istilah ini, konsep elektron tidak memiliki aplikasi praktis yang jelas dan merupakan contoh konsep 'tahu mengapa'.

Contoh: Sakelar Lampu

Sakelar lampu adalah konsep teknologi karena telah dirancang untuk tujuan khusus menghidupkan dan mematikan aliran elektron. Ini adalah konsep 'tahu bagaimana'.

Studi Kasus: Isolasi

Konsep *isolasi* (konsep teknologi) memiliki relevansi untuk memahami *konduksi* (konsep sains) listrik dan panas. Namun, pendekatan pembelajaran berbeda antara sains dan teknologi.

Pendekatan Sains

Dalam pelajaran sains, guru melibatkan anak-anak dalam mengeksplorasi konduksi listrik melalui eksperimen sederhana. Tujuannya adalah menemukan properti material - decontextualisasi untuk memisahkan pengetahuan umum dari pengalaman khusus.

Pendekatan Teknologi

Dalam teknologi, pemahaman tentang properti material adalah faktor penting, tetapi bukan satu-satunya kriteria. Murid perlu mempertimbangkan faktor non-ilmiah seperti biaya, ketersediaan, ketahanan air, kekuatan, warna, dan kepadatan.

- ❑ Pengetahuan ilmiah tentang konduksi panas akan berkontribusi pada proses desain, tetapi berbagai faktor lain juga dapat mempengaruhi pilihan material isolasi.

Kontribusi M dalam STEM

Matematika adalah domain pembelajaran yang indah dengan sendirinya, tetapi juga alat penting untuk memecahkan masalah dan merepresentasikan data dalam sains, teknologi, dan teknik.



Kode Koreksi Kesalahan

Matematika kode koreksi kesalahan diterapkan pada pemutar CD, mesin ATM, dan membersihkan gambar dari teleskop radio dan wahana antariksa.



Statistik Medis

Statistik sangat penting dalam kedokteran untuk menganalisis data epidemiologi dan keamanan obat baru.



Ilmu Fisika

Ilmu fisika khususnya (kimia, fisika, oseanografi, astronomi) memerlukan matematika untuk pengembangan teori mereka.



Sistem Biologis

Matematika digunakan saat mempelajari hukum perubahan populasi dalam sistem biologis dan ekologis.

Dimensi Afektif dan Nilai

Mata pelajaran STEM tidak dapat dipisahkan dari dimensi lain pemikiran dan perilaku manusia karena keyakinan dan nilai individu dan komunitas dipengaruhi oleh, dan memberikan tekanan pada, sains dan teknologi itu sendiri.

Pertanyaan Teknologi

- Kebutuhan siapa yang harus dipenuhi?
- Siapa yang telah mengidentifikasi kebutuhan?
- Apakah proposal untuk pengembangan teknologi tertentu dapat diterima oleh individu dan komunitas?

Pertanyaan Sains

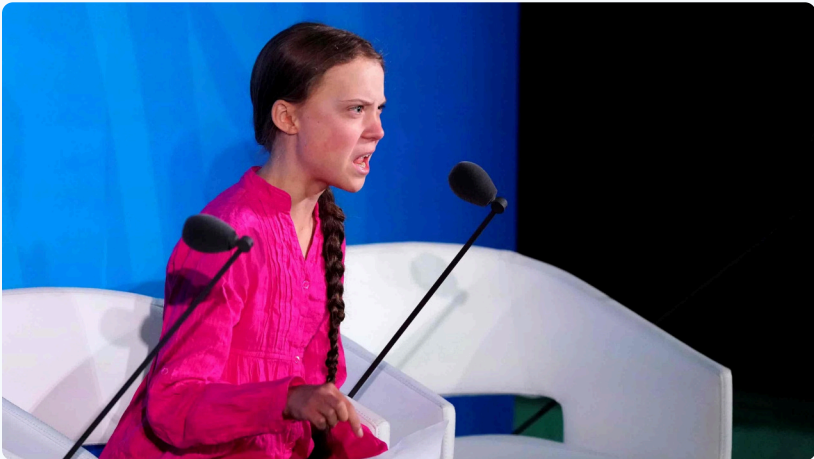
- Bagaimana eksperimen tertentu harus dibangun?
- Apa dampak temuan? Bagaimana mereka mempengaruhi orang, hewan, dan lingkungan?
- Bagaimana ide-ide ilmiah dikomunikasikan kepada orang lain?

Pertanyaan Matematika

Bagaimana statistik dikumpulkan, dimanipulasi, dan ditampilkan memiliki dimensi moral. Presentasi data dapat menyesatkan tanpa referensi yang jelas atau skala yang tepat.

STEM dan Tantangan Global

Nilai-nilai yang dipegang murid terkait perubahan iklim dan keadaan planet yang memburuk umumnya tidak sejalan dengan banyak orang dewasa termasuk politisi dan guru.



Pada tahun 2019, siswa Swedia berusia 16 tahun Greta Thunberg menjadi selebriti internasional: berbicara di PBB, memimpin reli anti-perubahan iklim di seluruh dunia, dan merangsang protes di seluruh dunia oleh kaum muda yang marah atas kemajuan lambat politisi dalam menangani perubahan iklim.

Teknologi adalah masalah dan sarana menuju solusi yang mungkin.

Kontributor terbesar pemanasan global adalah karbon dioksida (CO₂), yang dipancarkan ketika bahan bakar fosil dibakar.

Pemecahan Masalah dalam STEM

Pemecahan masalah adalah aktivitas kunci di semua mata pelajaran STEM. Namun, penting untuk membedakan antara latihan matematika berulang dan pemecahan masalah sejati.

01

Terlibat dalam Kognisi

Murid belajar dari proses dan mencari solusi untuk situasi matematika yang tidak memiliki proses atau metode yang segera dapat diakses.

02

Komunikasi dan Iterasi

Murid mengkomunikasikan ide kepada rekan, terlibat dalam siklus iteratif, dan membuat catatan tertulis tentang pemikiran mereka.

03

Kreasi dan Revisi

Murid membuat asumsi, merevisi pengetahuan saat ini, menciptakan teknik baru, dan membuat model matematika untuk memecahkan masalah.

Proses Sains dan Konstruktivisme

Pada tahun 1980-an, kurikulum sains menekankan pendekatan proses daripada konten. Guru menyadari bahwa murid membangun makna dengan berinteraksi dengan lingkungan di sekitar mereka.

"Meskipun tentu saja ide-ide murid kurang canggih daripada ilmuwan yang berpraktik, beberapa paralel menarik dapat ditarik. Murid, seperti ilmuwan, melihat dunia melalui kaca mata prasangka mereka sendiri, dan banyak yang mengalami kesulitan dalam melakukan perjalanan dari intuisi mereka sendiri ke ide-ide yang disajikan dalam pelajaran sains."

- Ros Driver, 1983



Pemikiran Sistem: Kotak Hitam

Pemikiran sistem penting dalam biologi dan teknologi. Sistem elektronik dapat direpresentasikan oleh tiga blok bangunan yang terhubung: INPUT → PROSES → OUTPUT.

Pendekatan 'kotak hitam' memungkinkan murid untuk fokus pada fungsi daripada teori yang mendasarinya. Pengetahuan detail pada tingkat komponen tidak diperlukan untuk membuat keputusan desain yang baik.

Mengapa Semua Murid Harus Belajar STEM?

STEM berguna dalam banyak konteks terkait pekerjaan, tetapi yang lebih penting adalah pembelajaran STEM untuk semua murid karena hasilnya didasarkan pada penggunaan bukti. Semua warga negara memerlukan proses, ide, dan alat berpikir STEM untuk menjadi warga negara yang terinformasi.

85%

Pembelajaran Informal

Orang menghabiskan 85% dari 'kehidupan belajar' mereka di luar institusi formal - di mana STEM diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

15%

Pembelajaran Formal

Hanya 15% waktu dihabiskan dalam sistem pendidikan formal (sekolah, perguruan tinggi, universitas).

Setiap warga negara memerlukan alat dari sains, matematika, dan teknologi untuk mengatasi masalah sehari-hari seperti pemanasan global, keamanan vaksin, interpretasi statistik untuk pengeluaran pemerintah, atau dampak sosial dan lingkungan dari pakaian murah. Apresiasi terhadap metode dan konsep yang dipelajari dalam STEM memberikan sarana bagi semua warga negara untuk mengevaluasi apa yang terbaik untuk diri mereka sendiri, keluarga mereka, dan masyarakat yang lebih luas.