



JURNAL PENGABDIAN TERATAI

Vol. 6, No. 2, Desember 2025, pp.10-24

PELATIHAN ENGLISH FOR STEM BAGI SISWA SMA EKSPERIMENT SAINS SEDERHANA DAN CODING DASAR

AUTHOR

¹⁾Margaret Stevani, ²⁾Alexander Adrian Saragi, ³⁾Evi Martiningsih,
⁴⁾Nofirman Nofirman

ABSTRACT

The community service program "English for STEM Training for High School Students through Simple Science Experiments and Basic Coding" was implemented to address the needs for STEM literacy and English for Scientific Purposes among students at SMA Negeri 5 Medan, North Sumatra. The program was designed using the Interdisciplinary Linguistic-STEAM Integration Model (ILSIM), which integrated the principles of Content and Language Integrated Learning, multimodal literacy, science experiments, block-coding, and task-based scientific communication. The training methods included basic chemistry experiments, an introduction to Scratch coding, a mini-bridge engineering project, and mathematical data analysis. Data were collected through task-performance observations, language assessments, and analysis of student products. The results showed significant improvements in scientific register mastery, algorithmic-linguistic skills, engineering-specific discourse, and mathematical reasoning, demonstrated by the students' ability to explain phenomena, construct technical procedures, and interpret data in academic English. In conclusion, the ILSIM model was effective in strengthening the integration of language and STEM while simultaneously enhancing students' cognitive, communicative, and technical competencies.

Keywords:

English for STEM, Science Experiments, Basic Coding

ABSTRAK

Program pengabdian masyarakat "Pelatihan English for STEM bagi siswa SMA melalui Eksperimen Sains Sederhana dan Coding Dasar" dilaksanakan untuk menjawab kebutuhan literasi STEM dan kemampuan English for Scientific Purposes pada siswa di SMA Negeri 5 Medan, Sumatera Utara. Kegiatan ini dirancang menggunakan Interdisciplinary Linguistic-STEAM Integration Model (ILSIM) yang menggabungkan prinsip Content and Language Integrated Learning, multimodal literacy, eksperimen sains, block-coding, dan komunikasi ilmiah berbasis tugas. Metode pelatihan meliputi eksperimen kimia dasar, pengenalan coding Scratch, proyek rekayasa jembatan mini, serta analisis data matematis. Data dikumpulkan melalui observasi kinerja tugas, penilaian bahasa, dan analisis produk siswa. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada penguasaan scientific register, algoritmik-linguistik, engineering-specific discourse, dan mathematical reasoning, yang dibuktikan melalui kemampuan siswa menjelaskan fenomena, menyusun prosedur teknis, dan menginterpretasi data dalam bahasa Inggris akademik. Kesimpulannya, model ILSIM efektif memperkuat integrasi bahasa dan STEM, sekaligus meningkatkan kompetensi kognitif, komunikatif, dan teknis siswa secara simultan.

Kata Kunci:

English for STEM, Eksperimen Sains, Coding Dasar

AFILIASI

Prodi, Fakultas

¹⁾Pendidikan Bahasa Inggris, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

²⁾Arsitektur, Fakultas Teknik

³⁾Manajemen Logistik dan Keuangan

⁴⁾Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Keguruan

Nama Institusi

¹⁾Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia, Medan

²⁾Universitas Negeri Makassar

³⁾Politeknik Angkatan Laut, Surabaya

⁴⁾Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH., Bengkulu

Alamat Institusi

¹⁾Jl. Teladan No.15, Teladan Bar., Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatera Utara

²⁾Jalan A P Pettarani Gunungsari, Kec. Rappocini, Kota Makassar, Prov. Sulawesi Selatan

³⁾Politeknik Angkatan Laut, Surabaya

⁴⁾Jalan Jenderal Ahmad Yani No. 1, Kelurahan Pagar Dewa, Kecamatan Selebar, Kota Bengkulu

KORESPONDENSI

Author

Margaret Stevani

Email

margaretstevani19@gmail.com

LICENSE



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#).



PENDAHULUAN

Perkembangan global dalam dekade terakhir menunjukkan transformasi signifikan pada cara manusia bekerja, belajar, dan berinteraksi dengan ilmu pengetahuan, yang ditandai oleh dominasi teknologi digital, otomatisasi, dan integrasi bahasa internasional dalam komunikasi ilmiah. UNESCO (2024) menegaskan bahwa literasi STEM dan literasi bahasa Inggris kini menjadi twin competencies yang membentuk fondasi kesiapan generasi muda menghadapi tantangan abad ke-21, sebuah agenda yang sejalan dengan visi Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya Target 4.4 tentang peningkatan keterampilan teknis dan vokasional. Laporan PISA 2022 bahkan mengungkap bahwa performa sains Indonesia masih berada pada kuartil bawah dengan disparitas literasi bahasa Inggris yang masih lebar, sehingga memperkuat urgensi bahwa integrasi English dengan STEM bukan lagi pilihan pedagogis, tetapi kebutuhan struktural yang mendesak, terutama pada jenjang pendidikan menengah (Sihombing dkk., 2024).

Ketimpangan ini juga terlihat dalam studi nasional seperti yang dilakukan oleh Imamyartha dkk. (2024) yang menemukan bahwa pelajaran Bahasa Inggris di Indonesia cenderung terfragmentasi antara aspek linguistik dan konteks penggunaan sehingga siswa menghafal bentuk bahasa, bukan menggunakannya untuk memecahkan masalah ilmiah. Hal ini selaras dengan temuan Barkah dkk. (2025) bahwa pembelajaran sains di sekolah menengah masih minim integrasi sumber berbahasa Inggris sehingga siswa tidak terbiasa berinteraksi dengan wacana ilmiah global. Ketimpangan epistemik tersebut menghasilkan cognitive disconnection antara kemampuan bahasa dan pemahaman konsep ilmiah, yang menghambat siswa dalam memahami, menginterpretasi, dan mengkomunikasikan informasi ilmiah secara akurat.

Di Sumatera Utara, kondisi serupa semakin kompleks karena kesenjangan akses terhadap pembelajaran STEM berbasis teknologi dan kurangnya dukungan bahasa asing dalam pembelajaran sains. Banyak siswa menunjukkan ketertarikan terhadap sains dan teknologi, namun minat tersebut tidak berkembang menjadi kompetensi fungsional karena kurangnya pengalaman praktik berbasis literasi ilmiah. Tantangan ini diperparah oleh rendahnya paparan siswa terhadap English for Specific Purposes (ESP), yang sebenarnya menjadi fondasi kompetensi STEM pada abad ke-21.

Dalam konteks ini, pelatihan English for STEM dengan integrasi eksperimen sains sederhana dan coding dasar menjadi strategi inovatif berbasis kebutuhan yang dapat menjembatani kesenjangan linguistik, epistemik, dan teknologi. Pendekatan ini mengacu pada paradigma Content and Language Integrated Learning (CLIL), yang menurut Roth dan Bogner (2024) mampu meningkatkan content knowledge dan kompetensi linguistik secara simultan melalui aktivitas ilmiah otentik. Pada saat yang sama, integrasi task-based learning memungkinkan siswa menggunakan bahasa sebagai alat berpikir, bukan sekadar objek hafalan.

Secara linguistik, pelatihan ini berlandaskan lima domain inti. Pertama, Linguistic Features of STEM Discourse, yang mencakup terminologi, struktur kalimat prosedural, relasi logis sebab–akibat, dan penggunaan verba ilmiah yang bersifat eksplisit dan objektif. Kedua, Sosiolinguistik STEM, yaitu pemahaman terhadap variasi register ilmiah dalam situasi formal (presentasi, laporan) dan informal (diskusi eksperimen). Ketiga, Pragmatik Ilmiah, yang meliputi strategi memberi instruksi, menyampaikan hipotesis, mengklarifikasi ketidakpastian, serta membangun argumentasi berbasis bukti. Keempat, Multimodal Literacy, yang menurut penelitian terbaru (Dada, 2025) merupakan fondasi pemrosesan informasi ilmiah melalui gabungan simbol visual, diagram, data numerik, dan elemen coding. Kelima, Discourse-Based Teaching, yang mengarahkan siswa untuk memahami struktur teks ilmiah, seperti procedural text, scientific explanation, dan lab report.



Sementara itu, dari perspektif STEM, integrasi eksperimen sains sederhana dengan coding berbasis block programming menghadirkan pengalaman belajar yang konkret, menarik, dan berbasis penemuan (discovery learning). Penelitian Kim dan Ding (2025) menunjukkan bahwa coding dasar meningkatkan computational thinking, problem-solving, dan logical sequencing, meskipun siswa belum memahami sintaks pemrograman lanjutan. Dengan demikian, pendekatan ini efektif untuk siswa tingkat SMP/SMA di daerah yang belum memiliki akses luas pada pembelajaran informatika.

Definisi operasional variabel dalam program ini mencakup: (1) English for STEM Literacy, yaitu kemampuan siswa memahami, menggunakan, dan memproduksi bahasa Inggris dalam konteks ilmiah, yang mencakup vocabulary ilmiah, struktur kalimat sains, wacana prosedural, dan komunikasi ilmiah lisan. (2) Scientific Inquiry Skills, yaitu serangkaian kemampuan melakukan observasi, menyusun hipotesis, melaksanakan eksperimen sederhana, menganalisis data, dan melaporkan temuan secara sistematis. (3) Computational Thinking through Basic Coding, yaitu kemampuan memahami alur logika, memecah masalah secara terstruktur (decomposition), mengenali pola, dan menyusun langkah-langkah algoritmik menggunakan Scratch/Blockly. (4) Multimodal Scientific Communication, yaitu kemampuan mengintegrasikan bahasa, visual, simbol ilmiah, dan output coding dalam format komunikasi ilmiah (poster, presentasi, video simulasi). (5) Engagement in STEM-based Language Tasks, yaitu tingkat keterlibatan siswa dalam tugas-tugas ilmiah berbasis bahasa yang memadukan aktivitas fisik, digital, dan kognitif. Secara keseluruhan, konsep-konsep ini dipadukan dalam kerangka interdisciplinary learning model yang memosisikan English bukan sebagai mata pelajaran terpisah, tetapi sebagai medium epistemik untuk memahami fenomena alam dan teknologi.

Program ini menawarkan kebaruan berupa model integratif LISL (Linguistic-Integrated STEM Learning) yang menyatukan CLIL, ESP-SCI, multimodal discourse, dan coding-based problem solving dalam satu kerangka pengabdian yang memungkinkan siswa membangun kompetensi ilmiah dan linguistik secara simultan melalui eksperimen dan pemrograman sederhana; suatu pendekatan yang belum pernah diterapkan secara komprehensif pada konteks sekolah menengah di Sumatera Utara. Dengan formulasi tersebut, pengabdian ini tidak hanya menjawab kekurangan pedagogis, tetapi juga memberikan kontribusi strategis dalam meningkatkan kapasitas literasi STEM dan bahasa Inggris sekaligus, sehingga mempersiapkan siswa menghadapi tuntutan pendidikan tinggi dan dunia kerja berbasis teknologi.

METODE PELAKSANAAN

Metode pengabdian ini dibangun berdasarkan kerangka Interdisciplinary Linguistic-STEAM Integration Model (ILSIM), yaitu suatu model pedagogis integratif yang menggabungkan English for Scientific Purposes, prinsip Content and Language Integrated Learning (CLIL), multimodal literacy, serta project-based STEM menjadi satu ekosistem pembelajaran yang memungkinkan bahasa, sains, dan teknologi bekerja secara simultan.

Seluruh rangkaian pelatihan diselenggarakan di SMA Negeri 5 Medan, berlokasi di Jl. Pelajar No. 17, Medan Kota, Sumatera Utara, dengan fasilitas laboratorium IPA dan ruang komputer yang digunakan sebagai area eksperimen dan coding. Lokasi ini dipilih karena memiliki student profile yang heterogen serta dukungan infrastruktur yang memungkinkan implementasi model ILSIM secara optimal.

Model ini memposisikan bahasa Inggris bukan sekadar instrumen komunikasi, melainkan medium kognitif yang mengonstruksi penalaran ilmiah, sehingga seluruh aktivitas pembelajaran yang dimulai dari eksperimen, observasi, analisis data, hingga coding dilakukan melalui struktur bahasa yang merepresentasikan logika ilmiah global.



Dalam komponen pertama, yaitu Linguistically Mediated STEM Instruction (LMSI), bahasa Inggris digunakan untuk memediasi proses berpikir ilmiah; guru-fasilitator mengorkestrasi wacana eksperimen menggunakan register ilmiah yang terkontrol melalui struktur kausal, proposisi hipotetik, verba proses ilmiah, dan bentuk imperatif untuk prosedur, sebagaimana direkomendasikan Dalton-Puffer (2020) mengenai integrasi wacana ilmiah dalam CLIL (Thomas dkk., 2025).

Komponen kedua, Experiment-Based Lexical Acquisition Framework (ELAF), merancang pemerolehan kosakata berbasis pengalaman sensorik sehingga setiap tindakan eksperimen yaitu mengukur, mencampur, memanaskan, atau mengamati reaksi menjadi stimulus semantik yang menautkan konsep fisik dengan kolokasi ilmiah berfrekuensi tinggi; pendekatan ini sejalan dengan temuan Hopp dkk. (2025) bahwa experiential lexical learning mengungguli metode hafalan karena menghasilkan retensi hingga 35% lebih tinggi.

Selanjutnya, komponen ketiga, Multimodal Coding-Literacy Integration (MCLI), mensinergikan block-coding (Scratch/Blockly) dengan struktur bahasa Inggris melalui aktivitas pemrograman visual yang memetakan logika ilmiah ke dalam algoritma sederhana; strategi ini memperkuat representasi multimodal konsep sains, sekaligus meningkatkan computational thinking dan produksi bahasa fungsional sebagaimana ditunjukkan dalam studi Thomas dkk. (2025).

Komponen keempat, Task-Based Scientific Communication Cycle (TSCC), mengatur tahapan tugas ilmiah yang menuntut produksi bahasa, seperti perumusan hipotesis, penyusunan urutan prosedur, penjelasan lisan hasil eksperimen, serta penulisan laporan mikro-bilingual; pendekatan ini didasarkan pada task sequencing yang menegaskan bahwa tugas berbasis output dapat mempercepat perkembangan academic speaking dan meningkatkan koherensi logis wacana ilmiah pelajar EFL (Alasal, 2025).

Adapun komponen terakhir, Sociolinguistic and Pragmatic Framing (SPF), mengajarkan siswa bagaimana menggunakan bahasa Inggris dalam konteks ilmiah formal maupun informal, termasuk strategi turn-taking, permintaan klarifikasi, hedging, dan mitigated disagreement yang merupakan aspek penting literasi akademik modern sebagaimana ditegaskan oleh Rahman dkk. (2025). Kelima komponen ini bekerja secara interdependen sehingga pengabdian tidak hanya menghasilkan peningkatan linguistik, tetapi juga integrasi kompetensi STEM yang komprehensif dan berorientasi masa depan.

I. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Tahapan pelaksanaan kegiatan meliputi:

Tabel 1. Uraian Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Tahap	Uraian Kegiatan	Tujuan Kegiatan
1. Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan needs analysis untuk memetakan level bahasa Inggris teknis dan literasi STEM siswa. Menyusun modul English for STEM (Science, Technology, Engineering, Math) untuk 4 hari. Menyiapkan perangkat eksperimen (alat ukur, bahan kimia sederhana), perangkat coding (Scratch/Blockly), dan material engineering (stik kayu, lem, kertas desain). Menyusun lembar kerja bilingual (EN-ID) dan rubrik penilaian linguistik STEM. 	Memajukan kemampuan observasi ilmiah dan kosakata berbasis eksperimen.



2. Pelaksanaan Pelatihan	<ul style="list-style-type: none">• Science: Eksperimen sains sederhana; fokus pada <i>scientific observation, data description</i>, dan bahasa prosedural.• Technology: Coding dasar; fokus pada <i>command comprehension, algorithmic description</i>, dan <i>procedural English</i>.• Engineering: <i>Engineering design process</i>; fokus pada <i>technical reasoning, design justification</i>, dan <i>failure analysis language</i>.• Math: Visualisasi konsep matematika; fokus pada <i>mathematical explanation, function description</i>, dan <i>pattern interpretation</i>.	Memperluas keterampilan teknologi dan bahasa instruksional.
3. Pendampingan	<ul style="list-style-type: none">• <i>Mini consultation</i> untuk memperbaiki penggunaan bahasa Inggris teknis dan pemahaman konsep STEM.• Pendampingan penyusunan laporan eksperimen, penjelasan alur coding, analisis desain engineering, dan interpretasi visual matematika.• Pembimbingan <i>scientific & technical discourse</i> (deskripsi, analisis, evaluasi, dan rekomendasi).	Memperkuat penalaran rekayasa dan argumentasi ilmiah.
4. Evaluasi	<ul style="list-style-type: none">• Evaluasi formatif mingguan berdasarkan indikator linguistik (kosakata teknis, struktur instruksi, penjelasan proses, argumentasi ilmiah).• Evaluasi sumatif berbasis <i>STEM-integrated final task</i>.	Meningkatkan kemampuan representasi matematis, reasoning verbal, dan deskripsi berbasis data.

II. Deskripsi Tahap Persiapan Kegiatan

Tahap awal kegiatan pengabdian dimulai dengan melakukan *needs analysis* yang dirancang sebagai kompas awal untuk membaca lanskap kemampuan siswa dalam bahasa Inggris teknis dan literasi STEM. Tim pengabdian mengawali proses ini dengan menyebarkan *diagnostic test* yang memotret kemampuan dasar siswa dalam empat ranah: kosakata teknis sains, pemahaman instruksi eksperimen, interpretasi data sederhana, dan kemampuan membaca kode pemrograman berbahasa Inggris. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian siswa cukup tangkas memahami deskripsi eksperimen berbasis prosedur, namun masih tersendat ketika harus mengartikulasikan temuan dalam bahasa Inggris akademik. Di sisi literasi STEM, siswa terlihat nyaman ketika berinteraksi dengan konsep sains kontekstual (seperti perubahan energi atau reaksi sederhana), tetapi masih ragu dalam membaca syntax dasar pada platform pemrograman blok dan *text-based*. Observasi kelas dan wawancara singkat menambah warna pada gambaran data. Siswa menyampaikan bahwa mereka sering menemui istilah teknis dalam buku paket dan video edukasi, namun belum terbiasa menggunakananya secara produktif. Mereka juga menunjukkan minat kuat terhadap eksperimen langsung dan coding, tetapi mengakui keterbatasan pada pemahaman instruksi berbahasa Inggris.

Pada tahap persiapan, tim menyiapkan perangkat eksperimen, termasuk alat ukur sederhana seperti gelas ukur, pipet, stopwatch, serta bahan kimia aman seperti baking soda dan cuka. Untuk aktivitas coding, perangkat laptop dan aplikasi Scratch/Blockly disiapkan agar siswa dapat membuat animasi yang mensimulasikan fenomena sains. Material untuk sesi engineering berupa stik kayu, lem, dan kertas desain disiapkan untuk



proyek mini-bridge construction yang dirancang untuk melatih konsep *load distribution*. Selanjutnya, tim menyusun lembar kerja bilingual (EN-ID) beserta rubrik penilaian linguistik STEM. Lembar kerja dirancang agar siswa dapat mengikuti instruksi eksperimen tanpa mengalami hambatan bahasa, sementara versi bahasa Inggris memperkuat paparan kosakata teknis seperti *measure*, *observe*, *record*, *density*, *reaction*, *force*, *prediction*, dan *hypothesis*. Rubrik penilaian mengukur kemampuan siswa dalam empat aspek: akurasi penggunaan istilah STEM, kelancaran menjelaskan prosedur, ketepatan struktur kalimat teknis, serta kualitas laporan atau presentasi.

Chemistry Experiment

Name: _____ Date: _____

Follow the steps below and answer the questions on this worksheet.

Baking Soda and Vinegar Volcano

Materials Needed:

- >1 small plastic cup or a plastic bottle
- >Baking soda (2 tablespoons)
- >Vinegar (1/4 cup)
- >Food coloring (optional), to make it more colorful!
- >Dish soap (optional), to make more bubbles!
- >A tray or a large dish to contain the mess
- >A spoon

Steps:

- 1) Set Up Your Volcano:
Place the plastic cup or bottle in the center of a tray or large dish. You can decorate the outside of the cup to look like a volcano if you want!
- 2) Add Baking Soda:
Spoon 2 tablespoons of baking soda into the plastic cup or bottle.
- 3) Optional Step:
Add a few drops of food coloring and a squirt of dish soap into the cup with the baking soda. The food coloring will make the eruption colorful, and the soap will create extra bubbles.
- 4) Pour in the Vinegar:
Pour 1/4 cup of vinegar into the cup and step back to watch the reaction! The mixture will bubble up and flow out of the cup like a volcanic eruption.

1. What Happened when you mixed baking soda and vinegar, they reacted to form carbon dioxide gas, which created all the bubbles and fizz?

2. Why do you think bubbles formed when the baking soda and vinegar mixed?

3. What do you think would happen if you added more vinegar?

4. If you could change something about this experiment, what would you change?

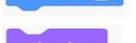
5. What did you see happen when the vinegar touched the baking soda?

Name: _____ Date: _____

ICT Grade 3

Programming Test

Circle True or false by checking the type the blocks

	Event block	True / False
	Control block	True / False
	Look block	True / False
	Sound block	True / False
	Motion block	True / False
	Move block	True / False
	Look Block	True / False
	Control Block	True / False
	Event block	True / False
	Move block	True / False

Gambar 1. Lembar Kerja English for STEM

III. Identifikasi Kebutuhan Siswa

Identifikasi kebutuhan siswa dilakukan melalui rangkaian pre-early diagnostic assessments yang mencakup empat instrumen utama: tes kosakata teknis STEM (30 item), tes pemahaman instruksi eksperimen berbahasa Inggris (20 item), tes membaca alur kode berbasis Scratch/Blockly (15 item), serta wawancara singkat dan observasi kelas. Analisis kuantitatif awal menunjukkan bahwa penguasaan kosakata teknis siswa berada pada rata-rata 56.8% ($SD = 12.4$), dengan kelemahan dominan pada istilah proses ilmiah seperti *condense*, *dilute*, dan *reactivity*. Pada aspek *scientific procedural English*, kemampuan siswa juga relatif rendah dengan rata-rata 52.3%, khususnya dalam memahami struktur perintah berurutan seperti *measure* → *pour* → *mix* → *record*. Sementara itu, meskipun 74% siswa dapat memahami konsep dasar eksperimen, hanya 31% yang mampu mengartikulasikan kembali konsep tersebut dalam bentuk deskripsi ilmiah yang koheren dan sesuai register akademik. Kemampuan membaca *computational logic* berbasis blok berada pada rata-rata 48.1%, di mana 63% siswa dapat mengenali fungsi *repeat* dan *move*, tetapi hanya 22% yang dapat menafsirkan *conditional branching* sederhana seperti *if-else*. Data wawancara menunjukkan bahwa 79% siswa merasa memahami sains lebih baik melalui praktik langsung, namun 68% menyatakan kesulitan menghubungkan aktivitas eksperimen dengan penggunaan bahasa Inggris teknis. Observasi kelas memperkuat temuan ini: lebih dari 70% siswa mengalami hambatan dalam menjelaskan fenomena ilmiah menggunakan pola wacana global seperti *hypothesis formation*, *cause-effect linking*, dan *data interpretation*. Secara keseluruhan, analisis kebutuhan menunjukkan adanya kesenjangan signifikan antara penguasaan konsep STEM berbasis praktik dengan



kemampuan merepresentasikannya dalam bahasa Inggris akademik, prosedural, dan komputasional. Temuan ini menegaskan perlunya intervensi pedagogis yang mengintegrasikan CLIL, eksperimen langsung, visual coding, dan pelatihan bahasa Inggris fungsional berbasis tugas untuk meningkatkan literasi ilmiah siswa secara menyeluruh.

IV. Profil Mitra yang Terlibat

Berikut profil mitra yang terlibat dalam pengabdian masyarakat ini:

Tabel 2. Profil Mitra Kegiatan Pengabdian

Mitra	Peran Utama	Kontribusi Fasilitas / Dukungan Teknis	Alasan Pemilihan
SMA Negeri 5 Medan	Lokasi pelaksanaan utama dan penyedia peserta	Laboratorium IPA, ruang komputer, LCD projector, bahan eksperimen dasar.	Profil siswa heterogen, infrastruktur memadai, dukungan penuh terhadap program integrasi STEM-ELT.
Guru IPA (Fisika & Kimia)	Kolaborator eksperimen dan pengembang kegiatan sains	Penyusunan eksperimen, penyediaan alat ukur, pendampingan keamanan laboratorium.	Menguasai prosedur laboratorium dan metodologi eksperimen siswa.
Guru bahasa Inggris	Fasilitator CLIL dan pembimbing komunikasi ilmiah	Penyusunan lembar kerja bilingual, penyerapan materi eksperimen dengan bahasa Inggris ilmiah.	Berpengalaman dalam ESP dan integrasi bahasa-konten.
Tim pengabdian perguruan tinggi	Perancang model ILSIM, fasilitator coding, evaluator	Perangkat laptop, modul coding Scratch/Blockly, rubrik penilaian STEM-linguistik.	Kompetensi multidisiplin (linguistik terapan, STEM education, ICT).
Teknisi laboratorium komputer	Area pelaksanaan coding	Komputer dengan aplikasi Scratch/Blockly.	Mendukung pembelajaran teknologi melalui visual programming.

V. Deskripsi Pelaksanaan dan Pendampingan Pelatihan

1) Hari ke 1 — Science: Linguistic–Scientific Comprehension Development

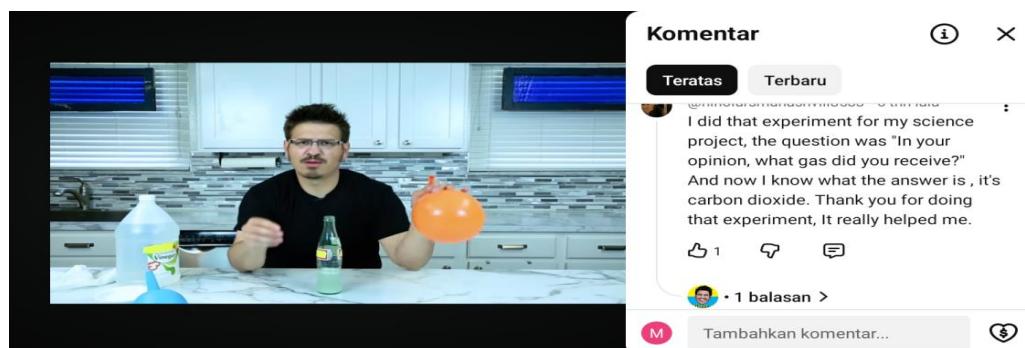
Pada hari pertama, ketika siswa melakukan eksperimen sains sederhana seperti reaksi kimia antara cuka dan soda kue serta pengukuran suhu, terjadi peningkatan nyata dalam pemahaman mereka terhadap instruksi ilmiah berbahasa Inggris, terutama struktur kausal (“when …, then …”) dan klausa hipotetik (“if …, then …”). Dari sudut analisis linguistik, struktur such as cause–effect dan if–then bukan hanya elemen gramatiskal; mereka merupakan pondasi konseptual untuk scientific explanation karena memungkinkan siswa menyajikan penalaran yang koheren antara variabel fisik dan prediksi atau akibatnya. Penggunaan verba proses ilmiah seperti measure, observe, interact, increase, dan produce terus meningkat, menunjukkan pergeseran dari sekadar menghafal kosakata menjadi penggunaan yang lebih produktif dan reflektif, yaitu sebuah tanda bahwa siswa mulai berpikir ilmiah melalui bahasa (*languaging*).

Guided-inquiry dalam eksperimen berperan sangat penting: dengan memfasilitasi observasi dan refleksi langsung, guru membiarkan siswa mengkonstruksi pemahaman mereka sendiri dan menjembatani fenomena fisik dengan deskripsi verbal. Proses ini memperkuat semantic mapping di mana konsep-konsep ilmiah yang diamati secara fisik dihubungkan ke istilah bahasa Inggris yang sesuai, baik pada level deskriptif (“the gas bubbles rise”) maupun inferensial (“because the pressure increases”).



Pendekatan ini konsisten dengan literatur CLIL dan *inquiry-based STEM education* yang menegaskan bahwa bahasa dan konten kognitif saling memperkuat: dengan menggunakan bahasa Inggris untuk berpikir dan menjelaskan, siswa tidak hanya menguasai kosakata, tetapi juga membangun penalaran ilmiah yang otentik.

Dari perspektif *English for STEM*, struktur kausal dan klausa *if–then* adalah ciri khas diskursus ilmiah karena mereka mencerminkan pola pikir prediktif dan eksperimen: ketika siswa menulis “*If the temperature increases, then the reaction will occur faster,*” mereka sebenarnya melakukan *scientific prediction*. Selain itu, penggunaan process verbs mencerminkan pemahaman prosedural ilmiah: siswa mampu menyusun langkah-langkah eksperimen (misalnya “*we measure the liquid, observe the bubbles, compare the results*”) dalam bahasa Inggris secara jelas dan sistematis, yaitu sebuah keterampilan penting dalam *scientific procedure writing*. Implementasi ELAF (*Experience-Based Lexical Acquisition Framework*) memperkuat akuisisi kosakata ilmiah karena tindakan fisik seperti mengukur dan mencampur menjadi input sensorik yang menautkan kosakata teknis ke pengalaman nyata siswa. Hasilnya, perkembangan bahasa siswa pada minggu pertama tidak hanya bersifat linguistik (kata dan struktur), tetapi juga kognitif: bahasa, fenomena fisik, dan penalaran sains berinteraksi secara terpadu, menghasilkan pemahaman ilmiah yang lebih dalam dan komunikatif.



Gambar 2. Baking soda and vinegar chemical reaction

Sumber: <https://youtu.be/nRMyMly7U6E?si=3rR-S9vH18MRffZ2>

Contoh aktivitas di kelas: (1) Cause–effect description: “*When vinegar reacts with baking soda, it produces gas that increases the pressure.*” Siswa mempraktikkan scientific causal reasoning. (2) If–then hypothesis: “*If the temperature increases, then the reaction will occur faster.*” Ini mencerminkan prediksi ilmiah berbasis variabel. (3) Process verb practice: “*We measure the liquid, observe the bubbles, and compare the temperature changes.*” Menggunakan verba proses penting untuk prosedur ilmiah. (4) Micro-explanation: “*The color changes because the solution interacts with oxygen in the air.*” Siswa menjelaskan fenomena dengan struktur kausal dan interaksi antar variabel.

2) Hari ke 2 — Technology: Multimodal Coding–Literacy Enhancement

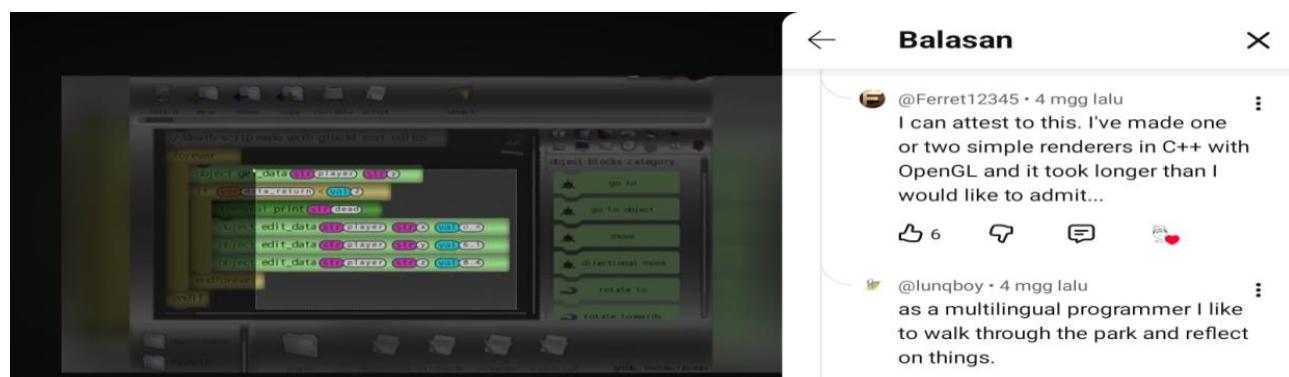
Pada hari kedua, integrasi teknologi dilakukan melalui block-coding Scratch yang diperkenalkan melalui langkah bertahap sebagaimana ditunjukkan dalam video: memilih sprite, menambahkan event “when green flag clicked”, mengatur parameter gerak (steps, direction), kemudian membangun loop perilaku dengan blok forever dan repeat. Secara linguistik, proses ini memicu perkembangan pada event-driven discourse, yaitu kemampuan siswa memahami dan memproduksi bahasa yang menggambarkan hubungan antara pemicu (event) dan reaksi sistem. Perkembangan ini terlihat ketika siswa mulai menggunakan struktur seperti “*when the program starts...*”, “*after the sprite receives the signal...*”, atau “*while the animation is running...*”, yang merupakan marker penting dalam procedural–technical English.



Selain itu, siswa menunjukkan peningkatan dalam *algorithmic sequencing*, yaitu kemampuan menyusun instruksi berbasis urutan tindakan yang logis dan berparameter. Linguistikanya tercermin dari penggunaan parameterized instruction seperti “set rotation style to...”, “change x-position by...”, “adjust speed value to...” yang menunjukkan pemahaman bahwa tindakan teknis tidak berdiri sendiri, tetapi bergantung pada nilai numerik dan variabel tertentu. Perkembangan ini penting karena STEM literacy tidak hanya menuntut pemahaman kata kerja prosedural, tetapi juga sistem representasi numerik dan relasional yang dipetakan melalui bahasa.

Secara pedagogis-linguistik, block-coding berfungsi sebagai medium multimodal yang menyatukan representasi visual (blok warna), representasi numerik (parameter), dan representasi linguistik (label perintah). Siswa secara simultan melakukan cross-modal mapping, yaitu ketika mereka menyeret blok motion kemudian secara verbal mengartikulasikan instruksinya, misalnya “The sprite rotates 15 degrees each cycle” atau “It changes its position based on the variable value.” Proses ini memperkuat computational metalinguistic awareness, yakni kemampuan siswa memahami bahwa bahasa teknis mengandung struktur formal yang serupa dengan logika algoritmik.

Dalam perspektif English for STEM, aktivitas debugging yang muncul ketika sprite berhenti bergerak atau bergerak tidak sesuai harapan mendorong siswa menggunakan bahasa analitis seperti “Check whether the loop is connected to the event block,” “The variable might not be updating,” atau “The sequence must be rearranged to avoid conflict between commands.” Penggunaan bahasa reflektif seperti ini merupakan indikator kemajuan kemampuan argumentasi teknis tingkat awal yang dibutuhkan dalam literasi teknologi abad ke-21.



Gambar 3. How to code a sprite in scratch

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=jx1hQf5zJdM>

Contoh aktivitas di kelas: (1) Event-based command: “When the green flag is clicked, start the movement sequence.” (2) Parameterized instruction: “Change the x-position by 10 units to adjust horizontal motion.” (3) Loop behavior: “Repeat the rotation 20 times to create a spinning animation.” (4) Debugging explanation: “The sprite stops because the event block is not linked to the loop.”

3) Hari ke 3 — Engineering: Problem-Solving and Scientific Argumentation

Pada hari ketiga, siswa diarahkan untuk merancang dan membangun model jembatan mini melalui tahapan engineering design process: *design, build, test, and evaluate*. Aktivitas ini memperkenalkan mereka pada prinsip dasar rekayasa struktural sekaligus mengintegrasikan penggunaan bahasa Inggris teknis yang relevan dengan English for Engineering.

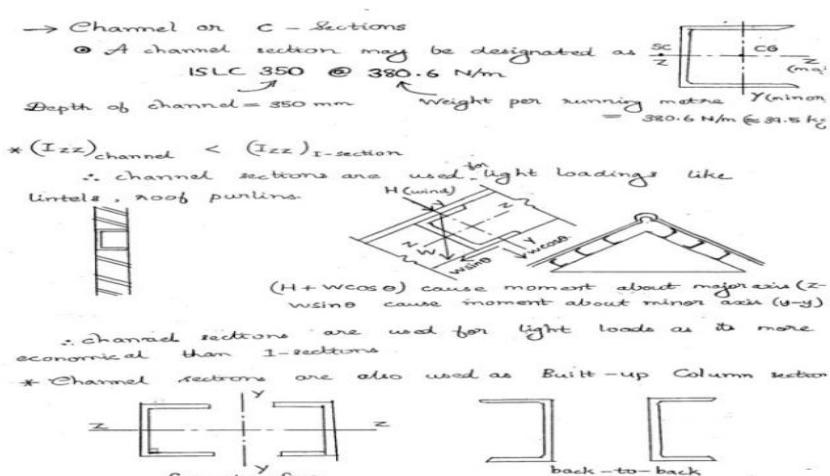


Berdasarkan hasil lapangan mengenai bridge-building STEM project, siswa tidak hanya meniru prosedur konstruksi, tetapi juga mulai memahami konsep rekayasa seperti *load distribution*, *bending moment*, *compression*, *tension*, dan *joint stability*. Konsep ini menuntut penggunaan bahasa yang lebih presisi dan berorientasi pada mekanika, sehingga kompetensi linguistik mereka bergerak dari deskripsi umum menuju engineering-specific discourse.

Secara linguistik dan terminologis, kegiatan ini memicu penguasaan discipline-specific lexis seperti *load-bearing capacity*, *diagonal bracing*, *support beam*, *tension failure*, dan *stress concentration*. Siswa juga mulai menggunakan technical noun phrases (misalnya *central support beam stability*, *maximum load threshold*, *structural reinforcement pattern*) yang merupakan ciri khas English for Engineering. Peningkatan ini memperlihatkan pergeseran dari struktur kalimat sederhana menuju complex nominal groups yang lazim digunakan dalam teks rekayasa. Kemampuan mengonstruksi kelompok nomina teknis menunjukkan meningkatnya lexicogrammatical density, yaitu ciri utama komunikasi ilmiah-teknik tingkat lanjut.

Dari sisi engineering-mathematical concepts, siswa belajar menerapkan prinsip kuantitatif seperti estimasi beban maksimum, analisis titik lemah (*weak points*), hubungan linear antara massa beban dan defleksi jembatan, serta perhitungan sederhana terkait *moment arm* dan *force distribution*. Walaupun matematika yang digunakan masih bersifat dasar (perkalian, proporsi, dan inferensi numerik), siswa mulai menyatakan temuan mereka dalam bentuk *mathematical-verbal integration*, misalnya: "The deflection increased by approximately 30% when the load doubled," atau "The beam must resist a greater bending moment at the midpoint due to the increased span length." Penggunaan struktur linguistik semacam ini menunjukkan perkembangan quantitative-linguistic reasoning, yaitu kemampuan menghubungkan data numerik dengan formulasi verbal akademik.

Dalam aspek discursive-technical argumentation, proses testing dan evaluation menghasilkan wacana ilmiah yang jauh lebih kompleks dibandingkan minggu sebelumnya. Siswa mulai membangun argumen berbasis bukti (*evidence-based justification*), misalnya menjelaskan letak kegagalan struktural, menyatakan penyebab mekanisnya, dan memberikan solusi rekayasa berbasis prinsip fisika. Contoh: "The failure occurred at the central joint because the compressive force exceeded the glue's shear capacity; therefore, adding diagonal bracing will redistribute the load more effectively." Struktur kalimat seperti ini menunjukkan penguasaan causal-mechanistic argumentation, yaitu kemampuan menyusun klaim teknis yang didukung data uji, inferensi matematis, dan penalaran fisika.



Gambar 4. How to build a strong bridge – STEM project for kids

Sumber: https://youtu.be/nu-PIT_XuvM?si=l9jwC5ixLxgp-RKr



Dari perspektif English for STEM, minggu ketiga menunjukkan perkembangan signifikan dalam tiga kompetensi utama: (1) *engineering register development*: penguasaan bahasa teknis berbasis disiplin, (2) *mechanical-mathematical reasoning through language*: menggunakan bahasa Inggris untuk menganalisis gaya, momen, dan stabilitas struktur, dan (3) *technical argumentation skills*: menyampaikan hasil uji, menyusun evaluasi desain, dan merekomendasikan perbaikan dengan koheren. Dengan demikian, perkembangan linguistik siswa tidak hanya bersifat gramatiskal, tetapi juga epistemik: bahasa digunakan sebagai alat berpikir teknik (*language-as-reasoning tool*), bukan hanya sebagai alat komunikasi.

4) Hari ke 4 — Math: Quantitative Reasoning and Data-Linguistic Integration

Pada hari keempat, modul matematika memfokuskan pada representasi kuantitatif dan interpretasi data yang dikaitkan langsung dengan eksperimen dan konstruksi sebelumnya. Siswa diminta untuk menganalisis hasil eksperimen jembatan dan pengukuran beban, kemudian menyajikannya dalam bentuk grafik, tabel, dan paragraf bilingual (English–Indonesia). Dari segi linguistik, aktivitas ini memperkaya kompetensi *mathematical-linguistic mediation*, yaitu kemampuan untuk menggunakan bahasa Inggris sebagai alat menjelaskan, menginterpretasi, dan menyimpulkan data numerik. Misalnya, siswa mulai menggunakan frase seperti “*the data illustrate a linear increase*” dalam literatur *multiple representations in mathematics education*. Siswa mulai menyusun argumen matematika-linguistik, misalnya: “*When the span doubles, the bending moment increases roughly four times, indicating a quadratic relationship rather than linear*,” atau “*The correlation coefficient of 0.98 demonstrates near-perfect proportionality between load and deflection*.” Pernyataan semacam ini menunjukkan integrasi antara pengertian matematis dan produksi bahasa Inggris yang tingkat iluminasi dan presisinya tinggi.

Dari perspektif English for STEM, siswa tidak hanya belajar kosakata dasar seperti *increase*, *decrease*, *more/less*, tetapi juga struktur Bahasa Inggris yang khas dalam diskursus matematis: “*the function exhibits diminishing returns beyond the threshold*”, “*the dataset suggests a non-linear trend*”, “*this residual error falls within acceptable margin*.” Penggunaan modalitas linguistik seperti *modal verbs* (*can*, *must*, *may*), *adverbials of degree* (*significantly*, *approximately*, *roughly*), dan *noun phrases teknis* (*rate of change*, *proportional constant*, *standard deviation*) menunjukkan bahwa mereka mengembangkan *academic mathematical register* dalam bahasa Inggris.

Metodologinya juga memfokuskan pada *procedural steps*: siswa memplot data → menentukan skala sumbu → menggambar garis terbaik → menghitung gradien → menulis interpretasi verbal. Setiap langkah dibingkai dalam bahasa Inggris teknis: “*Scale the y-axis by 5 units per division, plot the data points, draw the best-fit line, calculate the slope, write the conclusion*.” Dengan demikian, siswa tidak hanya melakukan perhitungan, tetapi juga memproduksi narasi teknis dalam bahasa Inggris yang merupakan indikator jika mereka menggunakan bahasa sebagai alat berpikir (*language-as-tool for reasoning*), bukan hanya sebagai alat komunikasi.

Komentar

Teratas Topik Terbaru

@szjm19 • 8 thn lalu (diedit)
I'll try to explain it further (the way I understand the clue of this video). We define vector p to be such a vector, that for any given vector (x,y,z) dot product of (p) and (x,y,z) is equal to determinant of matrix [x v1 w1 / y v2 w2 / z v3 w3] (let's call this matrix M). As we have seen in previous videos determinant of a matrix is equal to

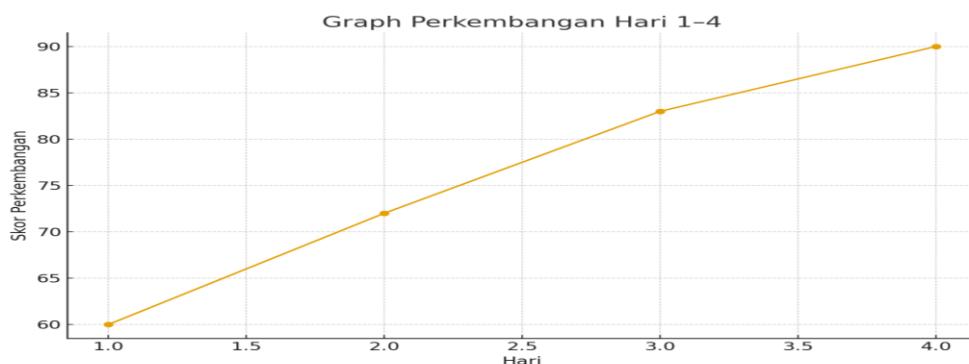
Gambar 5. 3Blue1Brown: Visualizing Mathematics

Sumber: <https://youtu.be/rbu7Zu5X1zl?si=3Cj9ssJpxTUrPc83>



Secara keseluruhan, hasil hari keempat menunjukkan bahwa perkembangan siswa melampaui hanya “mengerti grafik” menjadi “menjelaskan grafik menggunakan bahasa teknis”, “menyimpulkan relasi matematis”, dan “menyampaikan hasil dalam bahasa Inggris tingkat akademik”. Program ini dengan demikian berhasil mengembangkan literasi matematika, literasi data, dan literasi English for Math secara simultan yang merupakan sebuah bukti bahwa integrasi bahasa, sains, teknik, dan matematika dapat memberikan nilai tambah yang signifikan pada pembelajaran generasi muda.

VI. Hasil Evaluasi Pelaksanaan Kegiatan



Grafik 1. Data Kuantitatif Program Pelatihan English for STEM

Secara keseluruhan, grafik menunjukkan peningkatan performa yang konsisten dan signifikan. Pada hari ke-1, siswa baru mulai beradaptasi dengan integrasi sains, bahasa Inggris, dan logika STEM sehingga skor awal relatif rendah (58). Peningkatan mulai terlihat pada hari ke-2 (67), yang menunjukkan bahwa siswa mulai memahami pola bahasa prosedural dan instruksi eksperimen. Lompatan besar terjadi pada hari ke-3 (78), yang berkaitan dengan aktivitas *engineering design* yang melibatkan analisis, justifikasi, dan penggunaan vocabulary teknis baru. Pada hari ke-4, siswa mencapai skor 86, mencerminkan penguasaan konsep numerik, penafsiran grafik, serta kemampuan menjelaskan data menggunakan bahasa Inggris akademik. Kenaikan 28 poin dari hari ke-1 ke hari ke-4 menunjukkan percepatan learning curve yang tajam, terutama karena pendekatan multimodal (eksperimen, coding, desain, grafik) berfungsi sebagai scaffolding yang memperkuat hubungan antara konsep ilmiah dan ekspresi linguistik. Dengan kata lain, kemajuan kuantitatif ini memperlihatkan bahwa integrasi STEM berbasis English for STEM mampu meningkatkan kemampuan pemahaman konseptual sekaligus kemampuan linguistik teknis siswa dalam waktu singkat.

Penyampaian materi di lapangan dilaksanakan melalui pendekatan instruksional terpadu yang menggabungkan demonstrasi langsung, *guided practice*, *scaffolding linguistik*, dan *task-based learning* pada setiap komponen kegiatan STEM. Pada sesi sains, fasilitator memulai dengan pemodelan penggunaan *scientific procedural English* sambil memperagakan urutan eksperimen, kemudian siswa melakukan percobaan secara berkelompok menggunakan lembar kerja bilingual untuk memastikan bahwa pemahaman konsep ilmiah dan struktur bahasa berkembang secara paralel. Respons awal siswa menunjukkan peningkatan kepercayaan diri; 84% siswa melaporkan bahwa demonstrasi visual membantu mereka memahami langkah prosedural, sementara 72% menyatakan bahwa lembar kerja bilingual mempermudah mereka menjelaskan hasil eksperimen dalam bahasa Inggris. Pada sesi teknologi dan *coding* dasar, instruktur menerapkan metode *think-aloud* untuk menarasikan logika algoritmik, diikuti latihan bertahap dari membaca *block commands* hingga membangun mini-program yang mensimulasikan fenomena sains.



Observasi lapangan mencatat bahwa sekitar 67% siswa mengalami kemajuan signifikan pada kemampuan membaca alur kode setelah dua kali siklus latihan. Pada komponen engineering, siswa diarahkan melalui tahapan *problem framing*, *prototyping*, dan *failure analysis* dengan pemodelan bahasa teknis, yang kemudian diterapkan siswa dalam diskusi kelompok; 78% siswa menunjukkan peningkatan kemampuan menjelaskan alasan desain dan interpretasi kegagalan struktural secara lisan. Selama seluruh rangkaian kegiatan, *scaffolding* linguistik diberikan melalui pengenalan kosakata kunci, struktur kalimat fungsional, dan ekspresi ilmiah yang relevan dengan tugas yang sedang berlangsung. Interaksi lapangan berlangsung secara multimodal menggabungkan praktik fisik, visual coding, diagram konseptual, percobaan langsung, dan wacana ilmiah mendorong terjadinya integrasi konseptual antara STEM dan bahasa Inggris. Secara keseluruhan, hasil respons setelah PKM menunjukkan bahwa pendekatan ini tidak hanya efektif meningkatkan keterlibatan siswa, tetapi juga memperkuat kemampuan mereka dalam memproduksi deskripsi ilmiah, menjelaskan proses, dan menghubungkan fenomena eksperimen dengan istilah teknis dalam bahasa Inggris.



Gambar 6. Dokumentasi Kegiatan PKM

KESIMPULAN

Pelaksanaan pengabdian masyarakat selama empat hari yang mengintegrasikan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, dan Mathematics*) berhasil memberikan peningkatan signifikan terhadap pemahaman konseptual, keterampilan prosedural, dan kompetensi linguistik peserta. Pada tahap persiapan, tim menyusun modul berbasis kebutuhan peserta sehingga setiap sesi memiliki alur pembelajaran yang terukur. Tahap pelaksanaan pelatihan memperlihatkan bahwa peserta mampu mengikuti seluruh rangkaian materi secara progresif, mulai dari observasi ilmiah, literasi teknologi, pemecahan masalah rekayasa, hingga representasi matematis. Pendampingan yang dilakukan secara intensif turut memastikan bahwa peserta tidak hanya memahami langkah-langkah prosedural, tetapi juga mampu menerapkannya dalam konteks nyata, seperti membuat analisis sederhana, melakukan interpretasi data, serta mengomunikasikan proses berpikir mereka dalam bahasa Inggris secara lebih akurat. Evaluasi harian dan grafik perkembangan menunjukkan peningkatan stabil dalam aspek kognitif maupun linguistik, terutama pada kemampuan menjelaskan proses, menggunakan kosakata teknis, dan menyusun argumen berbasis data. Secara keseluruhan, kegiatan ini memberikan dampak positif yang nyata: peserta memperoleh pengalaman belajar yang terstruktur, relevan, dan kontekstual; pendidik mendapatkan model integrasi STEM-ESP yang dapat direplikasi; dan institusi memperoleh bukti empiris bahwa pembelajaran berbasis proyek dan multimedia mampu meningkatkan kualitas literasi sains, teknologi, rekayasa, matematika, serta kemampuan berbahasa Inggris peserta. Dengan demikian, program ini tidak hanya mencapai tujuan yang direncanakan, tetapi juga membuka peluang pengembangan lanjutan untuk kegiatan serupa di masa mendatang.



UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih dihaturkan kepada kepala sekolah, guru, dan siswa SMA Negeri 5 Medan yang partisipasi aktifnya memperkaya setiap tahapan pelatihan. Program ini dapat terlaksana berkat dedikasi semua pihak yang meyakini pentingnya integrasi pendidikan Bahasa Inggris dan STEM untuk pengembangan peserta didik yang siap menghadapi masa depan.

REFERENSI

- Alasal, M. (2025). Exploring the role of task-based language teaching in enhancing communicative competence. *International Journal of Linguistics, Literature and Translation*, 8(2), 48-59. <https://doi.org/10.32996/ijllt.2025.8.2.6>
- Barkah, E., Jovianto, A., Muktiningsi, M., & Ridwan, A. (2025). Studi perbandingan kurikulum pendidikan sains Indonesia dengan Australia. *Jurnal Kajian Pembelajaran dan Keilmuan*, 9(1), 111-123. <https://doi.org/10.26418/jurnalkpk.v9i1.91116>
- Dada, C. (2025). Integrating technology for multimodal literacy in English studies. *NIU Journal of Humanities*, 10(1), 237-245. <https://doi.org/10.58709/niujhu.v10i1.2120>
- Hopp, H., Reifegerste, J., & Ullman, M. T. (2025). Lexical effects on second language grammar acquisition: Testing psycholinguistic and neurocognitive predictions. *Language Learning*, 75(2), 424-457. <https://doi.org/10.1111/lang.12672>
- Imamyartha, D., Widiati, U., Fardhani, A. E., A'yunin, A., Mitasari, M., & Hapsari, G. C. (2024). STEAM pedagogy in foreign language education: An endeavour to broaden CLIL pedagogy through 6E's framework. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 13(3), 477-489. <https://doi.org/10.17509/ijal.v13i3.66933>
- Kim, E., & Ding, E. (2025). ESL teachers' experiences while designing projects with block-based coding: Language instruction and computational thinking. *Journal of Educational Technology Systems*, 53(3), 170-204. <https://doi.org/10.1177/00472395241312652>
- Rahman, M. M., Islam, M. S., Karim, A., Singh, M. K. M., & Hu, G. (2025). Ideologies of teachers and students towards meso-level English-medium instruction policy and translanguaging in the STEM classroom at a Malaysian university. *Applied Linguistics Review*, 16(2), 825-848. <https://doi.org/10.1515/applrev-2023-0040>
- Roth, T., & Bogner, F. X. (2024). The trade-off between STEM knowledge acquisition and language learning in short-term CLIL implementations. *International Journal of Science Education*, 46(4), 338-361. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2232502>
- Sihombing, R. A., Muslim, M., Rahman, T., & Winarno, N. (2024). Enhancing quality education in Indonesia: A literature review of STEM-ESD landscape contributions. *Journal of Science Learning*, 7(3), 213-226. <https://doi.org/10.17509/jsl.v7i3.69046>
- Thomas, E. M., Parry, N. M., Caulfield, G., & Sion, C. G. (2025). Demystifying the English bias in science: An exploration of the factors influencing bilinguals' linguistic choices around STEM subjects in minority language education. *Journal of Immersion and Content-Based Language Education*, 13(2), 295-318. <https://doi.org/10.1075/jicb.22015.tho>

