

**PENGARUH MODEL *PROJECT-STEM* (*SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, MATHEMATICS*) *BASED LEARNING* TERHADAP KEMAMPUAN KOLABORASI DAN KOMUNIKASI SISWA KELAS V MI
SUNAN KALIJOGO KARANGBESUKI**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh Gelar Magister dalam
Program Studi Magister Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah pada Pascasarjana

UIN Maulana Malik Ibrahim Malang



Oleh

Lingga Saniman Derajat

NIM. 230103210018

PASCASARJANA

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG

2025

**PENGARUH MODEL *PROJECT-STEM (SCIENCE, TECHNOLOGY,
ENGINEERING, MATHEMATICS) BASED LEARNING* TERHADAP
KEMAMPUAN KOLABORASI DAN KOMUNIKASI SISWA KELAS V MI
SUNAN KALIJOGO KARANGBESUKI**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh Gelar Magister dalam
Program Studi Magister Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah pada Pascasarjana

UIN Maulana Malik Ibrahim Malang



Oleh

Lingga Saniman Derajat

NIM. 230103210018

PASCASARJANA

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Lingga Saniman Derajat

NIM : 230103210018

Program : Magister Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah

Institusi : Pascasarjana UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

dengan sungguh-sungguh menyatakan bahwa TESIS ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Malang, 23 Oktober 2025

Saya yang menyatakan,



Lingga Saniman Derajat

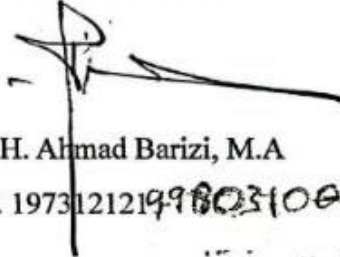
LEMBAR PERSETUJUAN BIMBINGAN

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tesis berjudul pengaruh model *project-STEM based learning* terhadap kemampuan komunikasi dan kolaborasi siswa kelas V pada materi perubahan energi MI Sunan Kalijogo Karangbesuki yang ditulis oleh Lingga Saniman
Derajat ini telah disetujui pada tanggal 07 Maret 2024

Oleh:

PEMBIMBING I



Dr. H. Ahmad Barizi, M.A

NIP. 197312121998031000

PEMBIMBING II



Dr. Agus Mukti Wibowo, M.Pd

NIP. 197807072008011021

Mengetahui

Ketua Program Studi Magister Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah



Dr. Hj. Samsul Susilawati, M.Pd

NIP. 197606192005012005

LEMBAR PENGESAHAN

PENGESAHAN TIM PENGUJI

UJIAN TESIS

Tesis berjudul "Pengaruh Model *Project-STEM* (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) *Based Learning* Terhadap Kemampuan Kolaborasi dan Komunikasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki" yang ditulis oleh Lingga Saniman Derajat ini telah diujikan dalam sidang Ujian Tesis pada tanggal 20 November 2025 dan dinyatakan lulus.

Tim Penguji

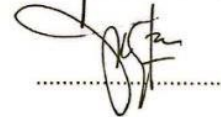
Dr. Hj. Samsul Susilawati, M.Pd (Penguji Utama)
NIP. 197606192005012005

Dr. M. Zubad Nurul Yaqin, M.Pd (Ketua/Penguji)
NIP. 197402282008011003

Prof. Dr. H. Ahmad Barizi, M.A (Pembimbing I/Penguji)
NIP. 197312121668641001

Dr. Agus Mukti Wibowo, M.Pd (Pembimbing II/Sekretaris)
NIP. 197807072008011021

Tanda Tangan



Malang, 02 Desember 2025

Direktur Pascasarjana,

Prof. Dr. H. Agus Maimun, M.Pd
NIP. 196508171998031003

MOTTO

“Jangan mati sebelum kaya”

(M.Wathon, S.S)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur kepada Allah SWT yang telah membimbing langkahku sehingga aku tidak merasa ragu dan gelisah. Saya dedikasikan karya sederhana ini kepada orang-orang terpenting dalam hidup saya yang selalu mendampingi dan membimbing saya dalam menghadapi kehidupan yang penuh tantangan.

1. Kepada Orang Tua Tercinta, Bapak M. Wathon dan Ibu Siti Aisyah, yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, dan doa tanpa henti. Tanpa cinta dan pengorbanan kalian, saya tidak akan pernah mencapai titik ini. Segala pencapaian ini adalah hasil dari kerja keras dan doa kalian. Kalian adalah sumber kekuatan dan inspirasi bagi saya.
2. Kepada Guru-Guru dan Dosen-Dosen, terima kasih atas segala ilmu, bimbingan, dan motivasi yang berharga dalam hidup saya. Pengajaran dan dukungan kalian telah membentuk saya menjadi pribadi yang lebih baik dan siap menghadapi tantangan masa depan.

Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi bukti rasa terima kasih saya kepada semua pihak yang telah mendukung dan membimbing selama proses penyelesaian tesis ini.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kepada Allah SWT, penulis merasa bersyukur atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya. Berkat izin dan ridho-Nya, penulis berhasil menyelesaikan tesis dengan judul "**Pengaruh Model *Project-STEM* (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) Based Learning Terhadap Kemampuan Kolaborasi dan Komunikasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijaga Karangbesuki**".

Shalawat serta salam kami panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, dan seluruh pengikutnya yang selalu berada dalam naungan Allah SWT. Penelitian ini disusun dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan, sehingga tanpa dukungan, bimbingan, serta arahan dari berbagai pihak, penulis akan menghadapi kesulitan dalam menyelesaikannya.

Penulisan tesis ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Magister Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah di Pascasarjana UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak terlepas dari dukungan, semangat, dan bimbingan dari banyak pihak, baik dalam bentuk moral maupun materi. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si., selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Mohammad Walid, M.A., selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3. Dr. Hj. samsul Susilawati, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah (MPGMI) Pascasarjana UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. H. Ahmad Barizi, M.A dan Dr. Agus Mukti Wibowo, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing penulis sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes. dan Supriyati, S.Pd., selaku Validator Ahli instrumen dan pembelajaran yang telah meluangkan waktu untuk memberikan validasi dan saran perbaikan angket respon siswa.
6. Seluruh dosen dan staf universitas yang telah banyak memberikan bimbingan pembelajaran, pengetahuan, wawasan, inspirasi, serta kemudahan dalam pelayanan akademik dan administratif selama penulis menyelesaikan studi di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Kepala Sekolah dan Wali Kelas MI Sunan Kalijaga Karangbesuki yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian di madrasah tersebut.

Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi bukti rasa terima kasih penulis kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama proses penyelesaian tesis ini.

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB LATIN

Penulisan transliterasi Arab-Latin dalam tesis ini menggunakan pedoman transliterasi berdasarkan keputusan no. 158 tahun 1987 dan no. 0543 b/U/1987 yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

A. Huruf

q = ق	z = ز	a = ا
k = ك	s = س	b = ب
l = ل	sy = ش	t = ت
m = م	sh = ص	ts = ث
n = ن	dl = ض	j = ج
w = و	th = ط	h = ح
h = هـ	zh = ظ	kh = خ
y = ي	' = ع	gh = غ
dz = ذ	f = ف	r = ر

B. Vokal Panjang

Vokal (a) panjang = â

Vokal (i) panjang = î

Vokal (u) panjang = û

C. Vokal Diftong

أَ = aw

أَي = ay

أُ = û

إِ = î

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN BIMBINGAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
TRANSLITERASI.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
مستخلص.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	9
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	10
E. Originalitas Penelitian.....	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13

A. Kajian Teori.....	13
1. Model Pembelajaran <i>Project Based Learning</i>	13
2. Pendidikan Berbasis STEM	18
3. <i>Project-STEM Based Learning</i>	24
4. Energi dan Perubahannya.....	29
5. Kemampuan Kolaborasi.....	33
6. Kemampuan Komunikasi.....	36
B. Kerangka Berpikir.....	40
C. Hipotesis Penelitian	41
BAB II METODE.....	43
A. Pendekatan dan Jenis Penelitian	43
B. Lokasi Penelitian.....	44
C. Variabel Penelitian	44
D. Populasi dan Sampel Penelitian	44
E. Data dan Sumber Data	45
F. Instrumen Penelitian	45
G. Validitas dan Reliabilitas Instrumen	48
H. Teknik Pengumpulan Data	51
I. Analisis Data.....	52
BAB IV HASIL DAN PAPARAN DATA.....	56
A. Deskripsi Model Pembelajaran <i>Project-STEM Based Learning</i> pada Materi Perubahan Energi	56
B. Deskripsi Kemampuan Kolaborasi	67

C. Deskripsi Kemampuan Komunikasi	72
D. Analisis data.....	78
BAB V PEMBAHASAN	86
A. Pengaruh Model <i>Project-STEM Based Learning</i> Terhadap Kemampuan Kolaborasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada Materi Perubahan Energi.....	86
B. Pengaruh Model <i>Project-STEM Based Learning</i> Terhadap Kemampuan Komunikasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada Materi Perubahan Energi.....	93
C. Perbedaan Pengaruh Model <i>Project-STEM Based Learning</i> Terhadap Kemampuan Kolaborasi dengan Kemampuan Komunikasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada Materi Perubahan Energi	00
BAB VI PENUTUP	108
A. Kesimpulan	108
B. Implikasi	100
C. Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN.....	121

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kriteria Validitas Aiken V	48
Tabel 3.2 Hasil Validitas Modul Ajar	49
Tabel 3.3 Hasil Validitas Observasi Modul Ajar	49
Tabel 3.4 Hasil Validitas Observasi Kemampuan Komunikasi	50
Tabel 3.5 Hasil Validitas Observasi Kemampuan Kolaborasi	50
Tabel 3.6 Hasil Validitas Lembar Penilaian Presentasi	50
Tabel 3.7 Hasil Validitas Angket Refleksi.....	51
Tabel 3.8 Hasil Validitas Angket <i>Peer Assessment</i>	51
Tabel 4.1 Hasil Angket Refleksi Siswa	65
Tabel 4.2 Hasil Observasi Kemampuan Kolaborasi	69
Tabel 4.3 Hasil Observasi Kemampuan Komunikasi	75
Tabel 4.4 Hasil Uji Normalitas	78
Tabel 4.5 Hasil Uji Homogenitas	79
Tabel 4.6 Hasil Uji <i>Independen t-test</i>	80
Tabel 4.7 Hasil <i>Outer Loading</i>	81
Tabel 4.8 Hasil <i>Average Variance Extracted (AVE)</i>	82
Tabel 4.9 Hasil <i>Composite Reliability (CR) & Cronbach's Alpha (CA)</i>	83
Tabel 4.10 Hasil Uji Koefisien Determinasi (R^2).....	84
Tabel 4.11 Hasil Uji Signifikansi Jalur (<i>Path Coefficient</i>)	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur Penelitian <i>Posttest Only Control Group Design</i>	43
Gambar 3.2 Rumus Indeks V	48
Gambar 4.1 Pertemuan Pertama.....	58
Gambar 4.2 Pertemuan Kedua	60
Gambar 4.3 Pertemuan Ketiga	61
Gambar 4.4 Pertemuan Keempat	62
Gambar 4.5 Pertemuan Kelima.....	63
Gambar 4.6 Pertemuan Keenam	64
Gambar 4.7 Grafik Algoritme PLS-SEM.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 3.1 Lembar Observasi Keterlaksanaan <i>Project-STEM Based Learning</i>	122
Lampiran 3.2 Lembar Observasi Kemampuan Komunikasi.....	123
Lampiran 3.3 Lembar Observasi Kemampuan Kolaborasi.....	124
Lampiran 3.4 Lembar Penilaian Presentasi Proyek	125
Lampiran 3.5 Angket <i>Peer Assessment</i> Kemampuan Kolaborasi.....	126
Lampiran 3.6 Angket Refleksi Siswa.....	128
Lampiran 3.7 Lembar Hasil Validasi Modul Ajar.....	129
Lampiran 3.8 Lembar Hasil Validasi Observasi Pembelajaran.....	132
Lampiran 3.9 Lembar Hasil Observasi Kemampuan Komunikasi	133
Lampiran 3.10 Lembar Hasil Validasi Observasi Kolaborasi.....	135
Lampiran 3.11 Lembar Hasil Validasi Penilaian Presentasi Proyek	138
Lampiran 3.12 Lembar Hasil Validasi Angket Refleksi	139
Lampiran 3.13 Lembar Hasil Validasi Angket <i>Peer Assesment</i>	141
Lampiran 4.1 Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	143
Lampiran 4.2 Hasil Observasi Kemampuan Komunikasi.....	144
Lampiran 4.3 Hasil Penilaian Presentasi.....	145
Lampiran 4.4 Hasil Observasi Kemampuan Kolaborasi.....	146
Lampiran 4.5 Hasil Angket <i>Peer Assessment</i> Kemampuan Kolaborasi	147
Lampiran 4.6 Hasil Uji Normalitas.....	149
Lampiran 4.7 Hasil Uji Homogenitas	152
Lampiran 4.8 Hasil Uji <i>Independent t-test</i>	153
Lampiran 4.9 Hasil Algoritme PLS-SEM.....	154
Lampiran 4.10 Hasil Bootstrapping PLS-SEM	156

ABSTRAK

Derajat, Lingga Saniman. 2025. *Pengaruh Model Project-STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Based Learning Terhadap Kemampuan Kolaborasi dan Komunikasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijaga Karangbesuki*. Tesis, Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Pascasarjana Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) Prof. H. Ahmad Barizi, M.A, (2) Dr. Agus Mukti Wibowo, M. Pd.

Kata kunci: *Project-STEM Based Learning, Kolaborasi, Komunikasi Perubahan Energi*

Pengembangan keterampilan kolaborasi dan komunikasi menjadi fokus utama pendidikan abad ke-21 karena keduanya berperan penting dalam membentuk kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan sosial siswa. Penerapan pembelajaran pada materi perubahan energi masih cenderung berorientasi pada pencapaian kognitif semata sehingga kurang memberi ruang bagi siswa untuk berinteraksi, berargumentasi, dan bekerja sama secara ilmiah. Kondisi ini menyebabkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa berkembang secara terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa pada materi perubahan energi.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi eksperimen *posttest only control group design*. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki dengan sampel yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan angket sedangkan analisis data menggunakan uji normalitas, homogenitas, *Independent Sample t-test*, serta analisis *Partial Least Square–Structural Equation Modeling* (PLS-SEM).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* berpengaruh positif dan signifikan terhadap kemampuan kolaborasi siswa ($t = 2,259$; $p = 0,024$; $R^2 = 0,131$) dan kemampuan komunikasi ($t = 2,227$; $p = 0,026$; $R^2 = 0,108$). Perbedaan nilai R^2 tersebut menunjukkan bahwa pengaruh model terhadap kolaborasi (13,1%) lebih kuat dibandingkan komunikasi (10,8%). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan model *Project-STEM Based Learning* lebih optimal dalam membentuk kemampuan kolaborasi yang bersifat sosial dan kontekstual dibandingkan kemampuan komunikasi yang menuntut refleksi dan kemampuan berpikir abstrak. Nilai *outer loading* pada konstruk kolaborasi berada di atas 0,78, menunjukkan validitas indikator yang kuat sedangkan pada konstruk komunikasi terdapat dua indikator di bawah 0,70, yaitu teknologi (0,695) dan efektivitas (0,672) yang menandakan bahwa aspek literasi digital dan efektivitas komunikasi masih berkembang secara bertahap. Penelitian ini menunjukkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* lebih efektif dalam mengembangkan kemampuan kolaborasi dibandingkan kemampuan komunikasi.

ABSTRACT

Derajat, Lingga Saniman. 2025. *The Influence of the Project-STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Based Learning Model on Students' Collaboration and Communication Skills for Fifth Grade at MI Sunan Kalijaga Karangbesuki*. Thesis, Madrasah Ibtidaiyah Teacher Education Program, Faculty of Tarbiyah and Teacher Training, Postgraduate Program, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (1) Prof. H. Ahmad Barizi, M.A., (2) Dr. Agus Mukti Wibowo, M.Pd.

Keywords: Project-STEM Based Learning, Collaboration, Communication, Energy Transformation

The development of collaboration and communication skills has become a central focus of twenty-first century education, as these competencies play a crucial role in fostering students' critical, creative, and social thinking abilities. However, instructional practices in the topic of energy transformation remain predominantly cognitive-oriented, providing limited opportunities for students to interact, argue, and collaborate scientifically. This condition leads to restricted development of students' communication and collaboration skills. This study aims to analyze the influence of the Project-STEM Based Learning model on students' collaboration and communication abilities in the topic of energy transformation.

This research employed a quantitative approach using a quasi-experimental design with a posttest-only control group. The population consisted of all fifth-grade students at MI Sunan Kalijogo Karangbesuki, with samples selected through purposive sampling. Data were collected through observation and questionnaires, analyzed using normality and homogeneity tests, Independent Sample t-test, and Partial Least Square–Structural Equation Modeling (PLS-SEM).

The findings revealed that the Project-STEM Based Learning model had a positive and significant effect on students' collaboration skills ($t = 2.259$; $p = 0.024$; $R^2 = 0.131$) and communication skills ($t = 2.227$; $p = 0.026$; $R^2 = 0.108$). The difference in R^2 values indicates that the model's effect on collaboration (13.1%) was stronger than on communication (10.8%). This suggests that the Project-STEM Based Learning model is more effective in developing social and contextual collaboration skills than communication skills, which require reflection and abstract thinking. The outer loading values for collaboration constructs were above 0.78, indicating strong indicator validity, while two communication indicators are technology (0.695) and effectiveness (0.672) were below 0.70, showing that digital literacy and communicative effectiveness are still developing gradually. Overall, this study demonstrates that the Project-STEM Based Learning model is more effective in enhancing students' collaboration skills than their communication skills.

مستخلص البحث

درجات، لنغ سانيمان. ٢٠٢٥. أثر نموذج التعلّم القائم على مشروع ستم (العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات) في تنمية مهارتي التعاون والتواصل لدى طلاب الصف الخامس في مدرسة سنن كاليجاكا قرانغسوقي. رسالة ماجستير، برنامج تعليم معلمي المرحلة الابتدائية (مدرسة ابتدائية/مدرسة ابتدائية) — كلية العلوم التربوية، برنامج الدراسات العليا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفان: (١) الأستاذ الدكتور أحمد باريزي، ماجستير الآداب. (٢) الدكتور أغوس مخي وبو، ماجستير التربية.

الكلمات المفتاحية: التعلّم القائم على المشروع وفق مقارنة ستم؛ العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات؛ مهارة التعاون؛ مهارة التواصل؛ تحولات الطاقة.

تُعَدّ تنمية مهارات التعاون والتواصل من المتطلبات الأساسية في التعليم المعاصر، ولا سيما في ظلّ التحولات التي تفرضها منظومة تعليم القرن الحادي والعشرين، لما تقدّمه هاتان المهارتان من إسهام مباشر في الارتقاء بقدرات المتعلمين المعرفية والإبداعية والاجتماعية. غير أنّ التدريس في موضوع تحولات الطاقة ما يزال ينزع إلى التركيز على الجانب المعرفي وحده، مما يحدّ من فرص التفاعل والحوار والعمل التشاركي بين الطلاب وفق منهجية علمية فاعلة، وهو ما انعكس سلباً على تطوّر مهارات التعاون والتواصل لديهم. وانطلاقاً من هذا السياق، تهدف هذه الدراسة إلى الكشف عن أثر نموذج التعلّم القائم على المشروع وفق مقارنة ستم، الذي يجمع بين العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات، في تنمية هاتين مهارتيّن لدى طلاب الصف الخامس في مدرسة سنن كاليجاكا قرانغسوقي.

اتبعت الدراسة المنهج الكمي، واعتمدت التصميم شبه التجريبي القائم على الاختبار البعدي لمجموعتين: تجريبية وضابطة. وقد جرى اختيار العينة باستخدام العينة القصدية، في حين جُمعت البيانات عبر أداتي الملاحظة والاستبانة. وخضعت البيانات لتحليل إحصائي شمل اختبار الطبيعى واختبار التجانس، واختبار «ت» لعينتين مستقلتين، إضافة إلى نمذجة المعادلات البنائية باستخدام أسلوب المربعات الصغرى الجزئية.

وأُسفرت النتائج عن وجود أثر إيجابي ودالّ إحصائياً لتطبيق نموذج التعلّم القائم على المشروع وفق مقارنة ستم في تنمية مهارة التعاون؛ إذ بلغت قيمة «ت» (٢,٢٥٩) عند مستوى دلالة (٠,٠٢٤) وبلغ معامل التفسير (٠,١٣١). كما ظهر أثر دالّ في تنمية مهارة التواصل بقيمة «ت» (٢,٢٢٧)

عند مستوى دلالة (٠,٠٢٦)، وبمعامل تفسير قدره (٠,١٠٨). وتشير الفروق بين قيم معامل التفسير إلى أن أثر النموذج في مهارة التعاون (١٣,١٪) أقوى من أثره في مهارة التواصل (١٠,٨٪)، مما يدل على فاعلية أكبر للنموذج في تطوير المهارات ذات الطابع الاجتماعي والتطبيقي مقارنة بالمهارات التي تتطلب قدراً أعلى من التجريد والتمثّل اللغوي. كما كشفت نتائج التحميل الخارجي لمكونات التعاون عن ارتفاع القيم فوق (٠,٧٨)، وهو ما يعكس مستوى عالياً من الصدق البنائي. بينما ظهر مؤشران في مكوّن التواصل دون (٠,٧٠)، هما مؤشر التكنولوجيا (٠,٦٩٥) ومؤشر الفاعلية (٠,٦٧٢)، مما يدل على أن جوانب الثقافة الرقمية وكفاءة التعبير اللغوي لدى الطلاب ما تزال في طور النمو. وتخلص الدراسة إلى أنّ نموذج التعلّم القائم على المشروع وفق مقارنة ستم يتمتع بفاعلية واضحة في ترقية مهارات التعاون لدى الطلاب، مع الحاجة إلى مزيد من الجهود في تحسين مهارات التواصل، خصوصاً في ما يتعلق بالثقافة الرقمية وجودة الأداء اللغوي.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perubahan energi merupakan materi esensial dalam pembelajaran sains di sekolah dasar. Perubahan energi dalam Kurikulum Merdeka (Permendikbud No. 262 Tahun 2022) bagian dari materi dasar yang mendasari pemahaman tentang fenomena alam, teknologi, dan keberlanjutan lingkungan yang juga memiliki relevansi langsung dengan kehidupan sehari-hari. Berdasarkan capaian pembelajaran materi perubahan energi siswa tidak hanya diharapkan mampu memahami bentuk, perubahan dan manfaat energi dalam kehidupan sehari-hari, tetapi juga dapat menerapkan pemahaman tersebut dalam konteks nyata di lingkungan sekitar. Siswa diharapkan mampu mengidentifikasi bentuk dan perubahan energi, melakukan percobaan sederhana dan mengkomunikasikan hasil percobaan secara ilmiah sehingga siswa dapat menumbuhkan kesadaran akan pentingnya efisiensi dan konservasi energi untuk peningkatan kualitas lingkungan hidup. Kesadaran tentang dampak penggunaan energi akan mendorong perilaku siswa untuk hemat energi¹.

¹ Rizky Bachtiar et al., "Pengaruh Kesadaran Hemat Energi Terhadap Perilaku Hemat Energi," *Jurnal PGSD* 6, no. 1 (2020): 1–6, <https://doi.org/10.32534/jps.v6i1.964>; Arif Dwi Santoso and Muhammad Agus Salim, "Penghematan Listrik Rumah Tangga Dalam Menunjang Kestabilan Energi Nasional Dan Kelestarian Lingkungan," *Jurnal Teknologi Lingkungan* 20, no. 2 (2019): 263, <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i2.3242>.

Pendidikan Indonesia mengalami tantangan rendahnya capaian pembelajaran siswa pada pembelajaran perubahan energi. Penelitian Sipi di SD Negeri Nuabari menemukan rendah nilai siswa pada topik energi dengan presentase 43,33% siswa yang memenuhi kompetensi minimum². Penelitian Prihatini juga menunjukkan rendahnya hasil pembelajaran perubahan bentuk energi dengan rata-rata nilai 67,00 atau 53% dari kriteria ketuntasan minimum³. Rendahnya capaian pembelajaran perubahan energi menimbulkan kekhawatiran kurang optimalnya proses pembelajaran. Pembelajaran perubahan energi dianggap sulit karena sifatnya yang abstrak. Siswa usia sekolah dasar rentan mengalami miskonsepsi, misalnya menganggap energi menghilang setelah digunakan. Masalah rendahnya capaian pembelajaran disebabkan oleh metode pembelajaran konvensional yang berpusat pada guru (*teacher-centered*), minim interaksi, dan jarang melibatkan siswa dalam aktivitas praktik⁴.

Rendahnya capaian pembelajaran tersebut juga berimplikasi pada lemahnya kemampuan komunikasi siswa. Teori Vygotsky menekankan pentingnya interaksi sosial dalam proses belajar karena pembelajaran yang bersifat pasif dapat menghambat perkembangan kemampuan komunikasi⁵.

² Theresia Sipi, "Meningkatkan Hasil Belajar IPA Materi Energi Dan Perubahannya Dengan Menggunakan Metode Proyek Pada Siswa Kelas VI SD Negeri Nuabari," *Gema Wiralodra* 10, no. 2 (2019): 299–307, <https://doi.org/10.31943/gemawiralodra.v10i2.84>.

³ Nuraisya Prihatini and Lisna Wati, *Peningkatan Hasil Belajar Perubahan Bentuk Energi Kelas IV melalui Model Problem Based Learning*, 2020.

⁴ Mia Audina, "Pembelajaran Kontekstual: Mencapai Hasil Belajar Yang Optimal," preprint, December 7, 2021, <https://doi.org/10.31219/osf.io/u2tbq>; M. Yusuf and Handriadi Handriadi, "Mengidentifikasi Pembelajaran Inovatif," *Mau'izhah* 12, no. 1 (2022): 38, <https://doi.org/10.55936/mauizhah.v12i1.88>.

⁵ Lev Semenovich Vygotsky, *The Development of Higher Psychological Functions*, vol. 15 (Soviet Psychology, 1977).

Hasil observasi di MI Sunan Kalijogo Karangbesuki menunjukkan bahwa siswa kesulitan menyampaikan ide secara jelas dan aktif selama proses pembelajaran. Guru kelas V menjelaskan bahwa kurangnya dinamika komunikasi di kelas semakin menguatkan hubungan antara metode pengajaran konvensional dengan terbatasnya kemampuan komunikasi siswa. Penelitian Rodliyah dan Miftah menjelaskan bahwa banyak siswa mengalami kesulitan dalam menyampaikan gagasan secara runtut, mendengarkan secara efektif, dan memberikan tanggapan yang relevan dalam diskusi kelompok⁶

Rendahnya kemampuan komunikasi siswa mengakibatkan kurangnya kemampuan kolaborasi siswa. Kemampuan komunikasi yang rendah menyebabkan siswa sulit berbagi informasi dan bekerja sama dalam penyelesaian tugas kelompok. Observasi di MI Sunan Kalijogo Karangbesuki menunjukkan bahwa hanya 8 dari 20 siswa yang mampu menyelesaikan tugas kelompok dengan pembagian peran yang jelas. Guru menambahkan bahwa siswa seringkali bertengkar saat kerja kelompok dan terkadang hanya satu sampai dua siswa yang mengerjakan tugas kelompok. Kurangnya interaksi antar siswa ini berdampak langsung pada rendahnya kemampuan kolaborasi dalam kegiatan kelompok.

⁶ Uli Rodliyah and Wirawan Fadly, "Meningkatkan Kemampuan Kolaborasi Melalui Model Guided Inquiry Berbasis Education for Sustainable Development Pada Materi Biotik Dan Abiotik," *Jurnal Tadris IPA Indonesia* 3, no. 2 (2023): 169–79, <https://doi.org/10.21154/jtii.v3i2.2153>; M. Miftah, "Strategi Komunikasi Efektif Dalam Pembelajaran," *Jurnal Teknodik*, February 20, 2019, 084–094, <https://doi.org/10.32550/teknodik.v12i2.473>.

Menurut Pratika kemampuan komunikasi yang rendah dalam pembelajaran IPA berdampak negatif pada kemampuan kolaborasi siswa. Penelitian menunjukkan bahwa komunikasi merupakan kemampuan dasar yang memungkinkan kolaborasi yang lebih baik dan siswa kesulitan berkolaborasi ketika kemampuan komunikasi mereka lemah. Lia mengamati bahwa hanya 40% siswa yang dapat berpartisipasi aktif dalam diskusi, menunjukkan bagaimana keterbatasan komunikasi membatasi potensi kolaboratif⁷. Khofifatul Muamala semakin memperkuat bahwa komunikasi yang baik sangat penting untuk pertukaran ide yang konstruktif dan kerja sama tim⁸. Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang kuat dan saling bergantung antara kemampuan komunikasi dan kolaborasi dalam pembelajaran. Berdasarkan bukti empiris dan teoritis menunjukkan perlunya pembaruan dalam metode pembelajaran yang inovatif untuk meningkatkan capaian pembelajaran siswa agar dapat mengembangkan kemampuan komunikasi dan kolaborasi siswa. Salah satu solusinya adalah penerapan model pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning/PjBL*) dan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*).

⁷ Lia Al Hasanah and Hasruddin Hasruddin, "Profil Keterampilan Komunikasi Dan Kolaborasi Peserta Didik Dalam Pembelajaran IPA Materi Pengenalan Sel Pada Siswa SMP," *BIO-CONS: Jurnal Biologi Dan Konservasi* 7, no. 1 (2025): 112–22, <https://doi.org/10.31537/biocons.v7i1.2200>.

⁸ Khofifatul Muamala and Ria Wulandari, "Keterampilan Kolaborasi Komunikasi Sains Siswa Sekolah Menengah Sebuah Studi Profil," *Jurnal Biologi* 1, no. 4 (2024), <https://doi.org/10.47134/biology.v1i4.2907>.

Model *Project-Based Learning* (PjBL) telah banyak digunakan dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar. Model ini memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk belajar melalui pengalaman langsung dengan cara menyelesaikan proyek yang kontekstual. Aktivitas dalam PjBL menumbuhkan kemampuan kolaborasi karena siswa harus bekerja dalam kelompok, berbagi peran, dan bertanggung jawab terhadap hasil bersama⁹. Menurut Anggraini dan Maulana model PjBL mendorong siswa untuk bekerja dalam kelompok, mengembangkan solusi terhadap permasalahan nyata, serta menyampaikan hasil pemikirannya¹⁰. Menurut Saenab dengan adanya kerja kelompok yang terstruktur dalam PjBL dapat membentuk siswa yang mandiri dalam menyelesaikan proyeknya, mengembangkan sikap saling mendukung, menghargai perbedaan pendapat, dan membangun solusi secara bersama-sama¹¹. Adapun kelemahan pembelajaran PjBL yaitu belum menekankan komunikasi ilmiah secara terstruktur. Siswa cenderung berinteraksi hanya untuk menyelesaikan tugas teknis tanpa mengembangkan kemampuan mengemukakan argumen ilmiah, menjelaskan hasil pengamatan, atau menarik kesimpulan berdasarkan data.

⁹ Stephanie Bell, "Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future," *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas* 83, no. 2 (2010): 39–43, <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>.

¹⁰ Annisa Putri Anggraini, Agnita Siska Pramasdyahsari, and Agnes Lita, "Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik Tingkat SD Dalam Implementasi Project Based Learning," *Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan* 30, no. 2 (September 1, 2024): 139, <https://doi.org/10.24114/jpdp.v30i2.61205>; Muhammad Andrian Maulana and Nani Mediatati, "Penerapan Model Project Based Learning Melalui Pendekatan Culturally Responsive Teaching Untuk Meningkatkan Kolaborasi Dan Hasil Belajar Siswa," *Literasi (Jurnal Ilmu Pendidikan)* 14, no. 3 (December 25, 2023): 153, [https://doi.org/10.21927/literasi.2023.14\(3\).153-163](https://doi.org/10.21927/literasi.2023.14(3).153-163).

¹¹ S Saenab et al., "PjBL Untuk Pengembangan Keterampilan Mahasiswa: Sebuah Kajian Deskriptif Tentang Peran PjBL Dalam Melejitkan Keterampilan Komunikasi Dan Kolaborasi Mahasiswa." (2017).

Kelemahan ini menyebabkan kolaborasi berjalan baik, tetapi komunikasi ilmiah tidak berkembang optimal. Dengan demikian, penerapan PjBL dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi rendahnya kolaborasi siswa di dalam kelas.

Model pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) menekankan pada pemecahan masalah secara sistematis dengan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu¹². Siswa didorong untuk berpikir kritis, mengajukan pertanyaan, serta mengkomunikasikan hasil analisis dan eksperimen siswa dalam bentuk lisan maupun tulisan¹³. Penelitian Bybee (2013) menunjukkan bahwa pendekatan STEM dapat meningkatkan kemampuan komunikasi ilmiah siswa karena terbiasa mengemukakan ide berdasarkan bukti, melakukan diskusi berbasis data, serta menyajikan temuan mereka dalam bentuk laporan atau presentasi¹⁴. Kegiatan belajar berbasis STEM menuntut peserta didik untuk mengomunikasikan hasil eksperimen, menjelaskan prinsip ilmiah yang mendasari rancangan, dan menyusun laporan hasil kerja. Proses tersebut melatih siswa untuk berpikir logis dan berargumentasi secara ilmiah¹⁵. Pembelajaran STEM sering kali dilakukan secara individual atau dalam kelompok kecil yang berorientasi pada hasil teknis, bukan interaksi sosial

¹² Anne Jolly, *STEM by Design_ Strategies and Activities for Grades 4-8* (by Routledge, 2017).

¹³ Lingga Saniman Derajat, "Pengaruh Model STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kreatif Siswa Kelas IV Pada Materi Perubahan Energi MIN 1 Jombang" (UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2024).

¹⁴ R.W Bybee, *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities* (National Science Teachers Association, 2013).

¹⁵ Jolly, *STEM by Design_ Strategies and Activities for Grades 4-8*; Lyn D. English et al., "Design Learning in STEM Education," in *Handbook of Research on STEM Education*, 1st ed., ed. Carla C. Johnson et al. (Routledge, 2020), <https://doi.org/10.4324/9780429021381-9>.

yang kolaboratif¹⁶. Kondisi ini membuat kemampuan komunikasi ilmiah berkembang baik, tetapi kerja sama antar siswa belum terbangun secara efektif.

Berdasarkan analisis terhadap kelebihan dan kekurangan masing-masing model, maka mengintegrasikan *Project-Based Learning* (PjBL) dan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) menjadi *Project-STEM Based Learning* adalah solusi yang komprehensif untuk mengatasi permasalahan di MI Sunan Kalijogo Karangbesuki. Model *Project-STEM Based Learning* mampu memberikan pengalaman belajar yang otentik. Siswa diajak untuk mengeksplorasi, merancang, dan menyelesaikan proyek yang relevan dengan kehidupan sehari-hari¹⁷. Penelitian oleh Capraro menunjukkan bahwa model ini dapat meningkatkan kemampuan kolaborasi siswa melalui kerja kelompok yang terstruktur dan meningkatkan kemampuan komunikasi melalui penyampaian hasil proyek secara lisan maupun tulisan¹⁸. Model pembelajaran *Project-STEM Based Learning* memiliki keunggulan dalam mengintegrasikan teori dan praktik sehingga membantu siswa memahami konsep secara lebih mendalam¹⁹. Model

¹⁶ Sunyoung Han et al., "How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement," *International Journal of Science and Mathematics Education* 13, no. 5 (2015): 1089–113, <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>.

¹⁷ Roslina Roslina et al., "Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): Systematic Literature Review (SLR)," *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA* 12, no. 1 (2022): 120–39, <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722>.

¹⁸ Robert M. Capraro, ed., *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*, 2. ed, DIVS (Sense Publ, 2013).

¹⁹ Surya Anita, "Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Kreativitas Dan Motivasi Belajar Peserta Didik," *Edutama : Jurnal Ilmiah Penelitian Tindakan Kelas* 1, no. 1 (2024): 8–13, <https://doi.org/10.69533/bkrc6e11>.

Project-STEM Based Learning efektif dalam meningkatkan motivasi belajar siswa karena siswa terlibat langsung dalam proses eksplorasi yang menantang dan relevan dengan kebutuhan siswa²⁰. Penerapan model *Project-STEM Based Learning* pada materi perubahan energi di MI Sunan Kalijogo Karangbesuki diharapkan dapat meningkatkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa secara signifikan seiring dengan meningkatnya pemahaman konsep siswa terhadap materi tersebut²¹.

Berdasarkan data empiris dan teoritis, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa pada materi perubahan energi kelas V. Indikator yang digunakan untuk mengukur kemampuan kolaborasi dan komunikasi berdasarkan *Framework for 21st Century Learning (P21 Framework)*. Kemampuan kolaborasi diukur melalui kerja sama aktif dalam tim, fleksibilitas dalam berdiskusi dan menyelesaikan masalah, pembagian tugas yang adil, penghargaan terhadap kontribusi anggota, serta keterlibatan dalam refleksi dan evaluasi tim untuk meningkatkan efektivitas kerja sama. Kemampuan komunikasi mencakup kejelasan dalam menyampaikan ide dan solusi, kemampuan mendengarkan aktif,

²⁰ Capraro, *STEM Project-Based Learning*.

²¹ Yuhana Elva and Ratna Kartika Irawati, "Pengaruh Project Based Learning – STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Terhadap Pembelajaran Sains Pada Abad 21," *Ed-Humanistics : Jurnal Ilmu Pendidikan* 6, no. 1 (April 30, 2021): 21, <https://doi.org/10.33752/ed-humanistics.v6i1.1463>.

penggunaan komunikasi untuk berbagai tujuan, pemanfaatan teknologi dalam presentasi proyek, serta efektivitas komunikasi dalam tim.²²

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada materi perubahan energi?
2. Bagaimana pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada materi perubahan energi?
3. Bagaimana perbedaan pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dengan kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada materi perubahan energi?

C. Tujuan Penelitian

1. Membuktikan pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada materi perubahan energi.
2. Membuktikan pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada materi perubahan energi.

²² Partnership for 21st Century Learning, *Framework for 21st Century Learning Definitions* (Battelle for Kids, 2019), <http://www.battelleforkids.org/networks/p21>.

3. Menganalisis perbedaan pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dengan kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada materi perubahan energi.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah khazanah literatur pendidikan, khususnya terkait penerapan model *Project-STEM Based Learning* dalam meningkatkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi peneliti lain untuk melakukan kajian lebih lanjut tentang efektivitas model *Project-STEM Based Learning* pada berbagai tingkat pendidikan dan mata pelajaran lainnya.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Guru

Penelitian ini dapat memberikan referensi kepada guru dalam memilih model pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa khususnya melalui penerapan model *Project-STEM Based Learning*.

- b. Bagi Siswa

Hasil penelitian ini dapat membantu siswa dalam meningkatkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi yang penting

untuk keberhasilan belajar serta mempermudah pemahaman konsep materi perubahan energi melalui metode pembelajaran berbasis proyek yang menarik dan relevan.

c. Bagi Sekolah

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan kepada sekolah dalam merancang kebijakan pembelajaran inovatif yang mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 seperti kolaborasi dan komunikasi untuk meningkatkan kualitas pendidikan.

E. Orisinalitas Penelitian

No	Nama Peneliti, Judul, dan Tahun Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Orisinalitas Penelitian
1.	Anita, Surya. "Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Kreativitas dan Motivasi Belajar Peserta Didik." 2024.	<ul style="list-style-type: none"> • PjBL Terintegrasi STEM 	<ul style="list-style-type: none"> • Meningkatkan kreativitas dan motivasi belajar. 	Penelitian ini meneliti tentang pengaruh model <i>Project-STEM Based Learning</i> terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesu ki pada materi perubahan energi Penelitian
2.	Bulu, Vera Rosalina, and Femberianus Tanggur. "The effectiveness of STEM-based PjBL on student's critical thinking skills and collaborative attitude." 2021.	<ul style="list-style-type: none"> • PjBL Terintegrasi STEM • Meningkatkan Kemampuan kolaborasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Meningkatkan kemampuan berpikir kritis 	

3.	Sarwi, S., M. A. Baihaqi, and E. Ellianawati. <i>"Implementation of Project Based Learning Based on STEM Approach to Improve Students' Problems Solving Abilities."</i> 2021.	<ul style="list-style-type: none"> • PjBL Terintegrasi STEM • Meningkatkan kemampuan memecahkan masalah 	ini diharapkan memberikan kontribusi praktis dan teoretis dalam pengembangan metode pembelajaran yang lebih efektif dan relevan untuk meningkatkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa.
4.	Ridlo, Saiful. <i>"Critical thinking skills reviewed from communication skills of the primary school students in STEM-based project-based learning model."</i> 2020.	<ul style="list-style-type: none"> • PjBL Terintegrasi STEM • Kemampuan komunikasi • Meningkatkan kemampuan berpikir kritis 	
5.	Triana, Dwita, Yustinus Ulung Anggraito, and Saiful Ridlo. <i>"Effectiveness Change Learning Tools Based on STEM-PjBL Towards Students' Collaboration and Communications Skills."</i> 2020.	<ul style="list-style-type: none"> • Meningkatkan Kemampuan kolaborasi dan komunikasi • STEM Terintegrasi PjBL 	

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Model Pembelajaran *Project-Based Learning*

Project-Based Learning (PjBL) adalah model pembelajaran berfokus pada penyelesaian proyek nyata berbasis masalah atau tantangan kontekstual²³. Model pembelajaran PjBL mendorong siswa aktif dalam proses inkuiri, eksplorasi, dan kolaborasi untuk menghasilkan produk atau solusi yang bermakna. Karakteristik utama PjBL meliputi: (a) *student-centered learning* yang menjadikan siswa sebagai subjek aktif dalam pembelajaran; (b) berorientasi pada masalah dunia nyata yang relevan dengan kehidupan siswa; (c) integrasi multidisiplin ilmu; serta (d) adanya produk akhir yang terukur, seperti prototipe, presentasi, atau laporan proyek²⁴. Pelaksanaan model pembelajaran PjBL di sekolah dasar dapat menuntut guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing siswa merancang langkah-langkah proyek secara sistematis. Tahapan PjBL yang dirangkum dalam sintaks menurut Kemdikbud (2014, hlm. 34) sebagai berikut:

a. Penentuan pertanyaan mendasar (*start with essential question*).

Pada tahap ini, pembelajaran dimulai dengan penyusunan pertanyaan esensial yang menggugah rasa ingin tahu siswa.

²³ J. W. Thomas, "A Review of Research on Project-Based Learning," 2000.

²⁴ Bell, "Project-Based Learning for the 21st Century."

Pertanyaan ini harus relevan dengan situasi dunia nyata dan bersifat menantang sehingga dapat mendorong siswa untuk melakukan investigasi mendalam. Pertanyaan yang mendalam dapat mengarahkan siswa untuk menemukan ide-ide dan konsep yang akan menjadi dasar dari proyek yang akan siswa kerjakan.

- b. Menyusun perencanaan proyek (*design project*). Guru dan siswa secara kolaboratif merancang rencana proyek. Perencanaan ini meliputi penentuan tujuan, aturan main, kegiatan yang akan dilakukan, serta pemilihan materi, alat, dan sumber daya yang diperlukan. Keterlibatan siswa dalam proses perencanaan diharapkan agar siswa merasa “memiliki” proyek tersebut sehingga meningkatkan motivasi dan rasa tanggung jawab selama pelaksanaannya.
- c. Menyusun jadwal (*create schedule*). Pada tahap ini guru bersama siswa menyusun *timeline* atau jadwal kegiatan proyek. Jadwal tersebut harus mencakup seluruh tahapan pengerjaan proyek mulai dari kegiatan awal hingga penyelesaian akhir sehingga semua aktivitas dapat terorganisir dengan baik dan setiap kelompok atau individu mengetahui batas waktu penyelesaian yang telah ditetapkan.
- d. Memantau siswa dan kemajuan proyek (*monitoring the students and progress of project*). Guru berperan sebagai fasilitator dan mentor yang memantau secara aktif pelaksanaan proyek. Tahap *monitoring*

ini mencakup pengawasan terhadap aktivitas siswa, pemberian umpan balik, serta bimbingan untuk mengatasi kendala atau permasalahan yang muncul selama proses pengerjaan. Dengan demikian, guru dapat memastikan proyek berjalan sesuai rencana dan mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

- e. Penilaian hasil (*assess the outcome*). Hasil dari proyek tersebut dievaluasi setelah proyek selesai. Penilaian dilakukan untuk mengukur pencapaian tujuan proyek dan melihat sejauh mana siswa telah mampu mengintegrasikan pengetahuan serta keterampilan yang dipelajari. Penilaian bisa berupa rubrik, presentasi, produk akhir proyek, atau bentuk evaluasi autentik lainnya yang dapat mencerminkan perkembangan kemampuan siswa.
- f. Evaluasi Pengalaman (*evaluation the experience*). Tahap akhir adalah refleksi bersama antara guru dan siswa atas seluruh proses proyek. Aspek proses maupun hasil proyek pada tahap ini dievaluasi untuk mencari pelajaran yang dapat diambil, mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan pelaksanaan, serta merumuskan perbaikan untuk proyek-proyek di masa depan. Evaluasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa pengalaman belajar yang diperoleh benar-benar bermakna dan dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

Penerapan keenam tahapan model PjBL diatas dapat menciptakan lingkungan belajar yang aktif, kolaboratif, dan kontekstual di mana siswa tidak hanya mengumpulkan pengetahuan tetapi juga mampu

menerapkannya dalam memecahkan masalah nyata secara mandiri. Model ini cocok diterapkan pada materi sains seperti perubahan energi di mana siswa dapat mengaplikasikan konsep teoritis ke dalam proyek praktis seperti halnya merancang alat pengubah energi mekanik ke listrik.

PjBL memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, terutama dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21. Penelitian oleh İsmail Kılıç menunjukkan bahwa PjBL efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas siswa melalui tahapan analisis masalah, desain solusi, dan refleksi²⁵. PjBL juga mendorong kemandirian belajar karena siswa dituntut mengelola waktu, sumber daya, dan tanggung jawab individu dalam kelompok²⁶. PjBL memfasilitasi siswa untuk berlatih menyampaikan ide secara lisan maupun tertulis melalui diskusi, presentasi, dan dokumentasi proyek²⁷. Sementara itu, kolaborasi berkembang melalui pembagian peran,

²⁵ İsmail Kılıç, "The Effect of Project-Based Learning Approach on Student Achievement in Life Science Course in Primary Education," *African Educational Research Journal* 10, no. 3 (2022): 321–28, <https://doi.org/10.30918/AERJ.103.22.046>.

²⁶ Sihono Setyo Budi, "Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) Untuk Meningkatkan Prestasi Dan Kemandirian Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Keterampilan Di Kelas X IPA2," *ACTION: Jurnal Inovasi Penelitian Tindakan Kelas Dan Sekolah* 3, no. 3 (September 1, 2023): 212–19, <https://doi.org/10.51878/action.v3i3.2428>; Roni Yudi Fadhilah, Agus Efendi, and Sidik Pramono, "Kolaborasi Dan Motivasi: Model Pembelajaran Berbasis Proyek Sebagai Solusi Untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa Di Sektor Industri," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan* 17, no. 1 (January 30, 2024), <https://doi.org/10.20961/jiptek.v17i1.81710>.

²⁷ Evi Maulidah, "Efektifitas Model Project Based Learning (PjBL) Untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Dan Kolaborasi Siswa," *Journal of Islamic Education* 10, no. 2 (August 22, 2024): 264–72, <https://doi.org/10.18860/jie.v10i2.8789>; Maiyona Overtadara, Firman, and Desyandri, "Penerapan Model Project Based Learning Dalam Meningkatkan Komunikasi Matematis Siswa Sekolah Dasar," *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang* 8, no. 2 (January 14, 2023): 2667–78, <https://doi.org/10.36989/didaktik.v8i2.579>.

negosiasi, dan kerja tim untuk mencapai tujuan bersama²⁸. Studi oleh firstanda mengonfirmasi bahwa PjBL meningkatkan keterlibatan siswa (*engagement*) karena pembelajaran berbasis proyek bersifat konkret dan relevan dengan minat siswa²⁹. Penerapan model PjBL pada materi perubahan energi dapat dimaksimalkan dengan merancang proyek seperti pembuatan model pembangkit listrik sederhana.

Beberapa penelitian telah membuktikan efektivitas PjBL dalam konteks pendidikan dasar. Penelitian Anggraeni pada siswa SD menemukan bahwa PjBL meningkatkan kemampuan kolaborasi dan pemahaman konsep sains secara signifikan dibandingkan metode konvensional³⁰. Hasil serupa dilaporkan oleh Bell yang menyatakan bahwa siswa yang terlibat dalam PjBL menunjukkan peningkatan kemampuan komunikasi ilmiah terutama dalam menyusun argumen berbasis data³¹. Studi oleh Fitri pada siswa kejuruan menunjukkan bahwa PjBL berbasis konteks lokal mampu meningkatkan motivasi belajar dan keterampilan sosial³². Namun, masih terbatas penelitian yang mengkaji integrasi PjBL dengan pendekatan STEM (*Science*,

²⁸ Assagaf Suporahardjo, *Manajemen Kolaborasi: Memahami Pluralisme Membangun Konsensus* (2005).

²⁹ Hanyra Firstanda et al., “Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Terhadap Minat Dan Hasil Belajar Siswa Di SMAN 1 Driyorejo,” *Pubmedia Jurnal Penelitian Tindakan Kelas Indonesia* 2, no. 2 (2024): 8, <https://doi.org/10.47134/ptk.v2i2.1205>.

³⁰ Ajeng Anggraeni et al., “Pengaruh Model PjBL Terhadap Keterampilan Kolaborasi Siswa Pada Pembelajaran IPA Di Kelas V,” *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru* 9, no. 3 (2024): 1491–96, <https://doi.org/10.51169/ideguru.v9i3.1131>.

³¹ Bell, “Project-Based Learning for the 21st Century.”

³² Hanifah Mutiara Fitri et al., “Peningkatan Keterampilan Pra-Vokasional Siswa SMK Melalui Project-Based Learning (PjBL): Studi Literatur,” *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)* 5, no. 1 (2025): 307–18, <https://doi.org/10.53299/jppi.v5i1.996>.

Technology, Engineering, Mathematics) khususnya pada materi perubahan energi di jenjang MI. Temuan ini memperkuat urgensi penelitian ini untuk menguji bagaimana integrasi PjBL dan STEM dapat dioptimalkan dalam mengembangkan kolaborasi dan komunikasi siswa sekaligus mengisi celah literatur di tingkat pendidikan dasar.

2. Pendidikan Berbasis STEM

STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) adalah pendekatan pembelajaran interdisipliner yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk memecahkan masalah kontekstual secara holistik³³. Fokus utama STEM adalah membangun keterampilan siswa dalam berpikir kritis, merancang solusi inovatif, dan mengaplikasikan pengetahuan ke dalam praktik nyata. Dalam konteks pendidikan dasar, STEM tidak hanya mengajarkan konsep teoritis, tetapi juga melatih siswa untuk melihat hubungan antar ilmu seperti bagaimana prinsip fisika (*sains*) dan perhitungan matematika digunakan dalam merancang teknologi sederhana (*engineering*). Siswa yang mempelajari materi perubahan energi dapat mengkonversikan energi mekanik ke listrik (*sains*) sambil merancang prototipe turbin angin (*engineering*) dengan memanfaatkan alat teknologi seperti sensor atau program simulasi. Integrasi ini

³³ Jolly, *STEM by Design_ Strategies and Activities for Grades 4-8*.

menciptakan pembelajaran yang bermakna karena siswa terlibat aktif dalam proses *design thinking* dan pengujian iteratif³⁴.

Berikut adalah penjelasan mengenai langkah-langkah dan sintaks model pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) yang diuraikan oleh Jolly dalam bukunya *STEM by Design: Strategies and Activities for Grades 4–8*. Model ini pada dasarnya merupakan penerapan *Engineering Design Process* (EDP) yang bersifat iteratif dan membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, serta keterampilan *problem solving* melalui penyelesaian masalah nyata³⁵. Secara garis besar langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. *Define the Problem* (menentukan masalah). Siswa diajak untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan permasalahan atau tantangan yang ada. Tahap ini penting untuk memahami konteks masalah, batasan, serta tujuan yang ingin dicapai siswa sehingga memiliki dasar yang kuat untuk mengembangkan solusi yang relevan.
- b. *Research* (mencari informasi). Tahap selanjutnya, siswa melakukan riset untuk mengumpulkan informasi dan data yang relevan. Proses ini mencakup pencarian literatur, eksperimen sederhana, atau observasi lapangan guna memahami konsep-konsep dasar yang

³⁴ Lyn D English and Donna T King, “STEM Learning through Engineering Design: Fourth-Grade Students’ Investigations in Aerospace,” *International Journal of STEM Education* 2, no. 1 (2015): 14, <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>; English et al., “Design Learning in STEM Education.”

³⁵ Jolly, *STEM by Design_ Strategies and Activities for Grades 4-8*.

berkaitan dengan masalah tersebut. Informasi yang diperoleh nantinya akan membantu siswa dalam mengembangkan ide solusi.

- c. *Imagine* (membayangkan solusi). Siswa mengadakan sesi *brainstorming* untuk menghasilkan berbagai gagasan solusi pada tahap ini. Kreativitas sangat didorong agar siswa tidak terbatas pada satu ide saja, melainkan menghasilkan beberapa alternatif solusi yang mungkin. Kegiatan ini membuka peluang bagi inovasi dan imajinasi yang lebih luas.
- d. *Plan* (merencanakan). Siswa yang telah mengumpulkan berbagai ide kemudian secara bersama-sama memilih solusi yang dianggap paling tepat dan merumuskan rencana pelaksanaannya. Perencanaan mencakup penentuan langkah-langkah, alat, bahan, serta sumber daya lain yang dibutuhkan. Rencana ini menjadi panduan untuk tahap selanjutnya.
- e. *Create* (mewujudkan/membuat prototipe). Siswa mulai menerapkan rencana dengan membuat prototipe atau produk awal dari solusi yang telah direncanakan. Tahap pembuatan ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengaplikasikan pengetahuan praktis dan kreativitas siswa secara langsung sehingga solusi yang dihasilkan dapat diuji secara nyata.
- f. *Test and Evaluate* (menguji dan mengevaluasi). Prototipe yang telah dibuat kemudian diuji untuk melihat seberapa baik solusi tersebut bekerja dalam menjawab permasalahan. Evaluasi dilakukan dengan

mengukur kinerja, mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan, serta memastikan apakah prototipe sudah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Proses ini sangat penting untuk mengumpulkan feedback sebagai dasar perbaikan.

- g. *Redesign* (mendesain ulang). Berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi, siswa melakukan perbaikan atau revisi terhadap prototipe. Tahap *redesign* merupakan proses iteratif di mana solusi yang telah diuji dioptimalkan kembali agar lebih mendekati jawaban terbaik. Siswa didorong untuk terus memikirkan cara untuk meningkatkan produk siswa.
- h. *Communication* (mengomunikasikan hasil). Tahap terakhir adalah menyampaikan atau mempresentasikan solusi yang telah dihasilkan. Siswa diajak untuk mengkomunikasikan proses, hasil, dan pembelajaran yang didapatkan kepada audiens, baik itu guru, teman, atau bahkan masyarakat luas. Proses komunikasi ini memperkuat pemahaman dan memberikan kesempatan untuk mendapatkan umpan balik yang konstruktif.

Model pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) berdasarkan EDP ini dirancang untuk menuntun siswa secara sistematis dalam memecahkan masalah nyata melalui serangkaian langkah yang terstruktur dan iteratif. Setiap tahap saling berkaitan sehingga membentuk sebuah proses belajar yang holistik dan

menekankan pada penerapan pengetahuan secara praktis dalam kehidupan nyata.

Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) telah terbukti meningkatkan keterampilan abad ke-21 terutama kolaborasi, kreativitas, dan literasi digital³⁶. Siswa bekerja secara kolaboratif untuk menyelesaikan proyek yang memerlukan analisis data (matematika), eksperimen (sains), dan penggunaan alat teknologi dalam pembelajaran berbasis STEM. Penelitian Haryanti yang menyatakan bahwa STEM mendorong siswa untuk berpikir sistemik dan mengomunikasikan ide secara efektif melalui presentasi proyek³⁷. Keunggulan lain STEM adalah kemampuannya menciptakan *authentic learning experience* di mana siswa tidak hanya menghafal teori tetapi juga memahami relevansi ilmu dalam kehidupan sehari-hari³⁸.

Implementasi STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) di sekolah dasar memerlukan adaptasi yang sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa. Menurut Artobatama pembelajaran STEM di SD harus menekankan pada eksplorasi *hands-*

³⁶ Todd R. Kelley and J. Geoff Knowles, "A Conceptual Framework for Integrated STEM Education," *International Journal of STEM Education* 3, no. 1 (2016): 11, <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>.

³⁷ Anti Haryanti and Irma Rahma Suwarma, "Profil Keterampilan Komunikasi Siswa SMP Dalam Pembelajaran IPA Berbasis STEM," *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)* 3, no. 1 (February 1, 2018): 49, <https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i1.10940>.

³⁸ Idawati Idawati et al., "Authentic Learning Berbasis Inquiry Dalam Program STEM Terhadap Literasi Sainifik Siswa Berdasarkan Tingkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa," *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan* 4, no. 8 (2019): 1024, <https://doi.org/10.17977/jptpp.v4i8.12663>.

on, permainan berbasis masalah (*problem-based play*), dan proyek sederhana yang melibatkan alat sehari-hari³⁹. Penerapan STEM pada materi perubahan energi dapat membantu guru untuk merancang aktivitas pembelajaran seperti membangun rangkaian listrik sederhana menggunakan baterai dan kabel (integrasi sains dan teknologi) atau mengukur kecepatan angin untuk merancang kincir angin (integrasi matematika dan teknik). Penelitian Hani & Suwarma pada siswa SD menunjukkan bahwa pembelajaran STEM meningkatkan motivasi belajar karena siswa merasa tertantang untuk menciptakan produk nyata⁴⁰. Studi oleh Rahmawati di SMA menemukan bahwa pendekatan STEM efektif meningkatkan kemampuan kolaborasi siswa melalui proyek pembuatan alat daur ulang energi⁴¹. Temuan ini memperkuat potensi STEM sebagai model pembelajaran yang sesuai untuk mengembangkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa kelas V MI terutama pada topik yang kompleks seperti perubahan energi.

Kombinasi STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) dan PjBL menciptakan kerangka pembelajaran yang ideal untuk mengasah kemampuan kolaborasi dan komunikasi. Model *Project-STEM Based Learning* siswa tidak hanya menyelesaikan proyek

³⁹ Irman Artobatama, "Pembelajaran STEM Berbasis Outbound Permainan Tradisional," *Indonesian Journal of Primary Education* 2, no. 2 (2019): 40, <https://doi.org/10.17509/ijpe.v2i2.15099>.

⁴⁰ Ridwan Hani and Irma Rahma Suwarma, "Profil Motivasi Belajar IPA Siswa Sekolah Menengah Pertama Dalam Pembelajaran IPA Berbasis STEM," *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)* 3, no. 1 (February 1, 2018): 62, <https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i1.10942>.

⁴¹ Katarina Herwanti, "Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kreatif Melalui Pendekatan STEM Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kimia Pada Materi Sel Elektrokimia," *TRISALA: Jurnal Ilmiah Pendidikan* 8, No. 3 (January 13, 2023), <https://doi.org/10.54211/Trisala.V8i3.74>.

tetapi juga menggunakan metodologi STEM untuk menganalisis masalah, mengumpulkan data, dan mengevaluasi solusi⁴². Misalnya, dalam proyek Membuat Pembangkit Listrik Tenaga Air Sederhana, siswa perlu berkolaborasi merancang desain (*engineering*), menghitung efisiensi energi (matematika), dan mempresentasikan temuan (komunikasi). Penelitian Han menyatakan bahwa integrasi ini memperkuat interdependensi positif antaranggota kelompok di mana keberhasilan proyek bergantung pada kontribusi setiap individu⁴³. Kolaborasi dalam *Project-STEM Based Learning* tidak hanya sekadar kerja kelompok, tetapi juga melibatkan negosiasi ide, pembagian tanggung jawab, dan refleksi kolektif aspek kritis yang mendorong peningkatan kemampuan komunikasi siswa.

3. *Project-STEM Based Learning*

Model *Project-STEM Based Learning* menciptakan kerangka pembelajaran yang holistik dan kontekstual. PjBL menyediakan struktur pembelajaran berbasis proyek yang menekankan penyelesaian masalah nyata sementara STEM memberikan landasan interdisipliner untuk mengintegrasikan konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika⁴⁴. Sinergi ini memungkinkan siswa tidak hanya menguasai konten akademis tetapi juga mengembangkan keterampilan desain, analisis

⁴² Capraro, *STEM Project-Based Learning*.

⁴³ Sunyoung Han et al., "How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement," *International Journal of Science and Mathematics Education* 13, no. 5 (2015): 1089–1113, <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>.

⁴⁴ Capraro, *STEM Project-Based Learning*.

data, dan kolaborasi multidisiplin. Penelitian Han menunjukkan bahwa kolaborasi dalam *Project-STEM Based Learning* memperkuat kemampuan siswa dalam mengomunikasikan ide kompleks melalui presentasi dan dokumentasi teknis yang sejalan dengan tujuan pengembangan kemampuan kolaborasi dan komunikasi dalam penelitian ini⁴⁵.

Model *Project-STEM Based Learning* memiliki karakteristik unik yang membedakannya dari PjBL konvensional⁴⁶. Pertama, pendekatan ini menekankan desain berbasis inkuiri (*inquiry-driven design*) di mana siswa tidak hanya menyelesaikan proyek tetapi juga melakukan eksperimen, menguji hipotesis, dan merevisi solusi berdasarkan data. Kedua, *Project-STEM Based Learning* memadukan aspek teknis dan kreativitas seperti penggunaan alat digital dan bahan daur ulang untuk membangun prototipe. Ketiga, model ini mengembangkan keterampilan abad ke-21 secara terintegrasi kolaborasi diperlukan untuk menyelesaikan tugas multidisiplin, sementara komunikasi dipraktikkan melalui presentasi hasil eksperimen dan debat ilmiah. Keunikan ini menjadikan *Project-STEM Based Learning* efektif untuk meningkatkan kedua kemampuan tersebut secara simultan⁴⁷.

Project-STEM Based Learning didukung oleh teori konstruktivisme sosial Vygotsky yang menekankan bahwa pembelajaran optimal terjadi

⁴⁵ Han et al., "How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently."

⁴⁶ English and King, "STEM Learning through Engineering Design."

⁴⁷ Bell, "Project-Based Learning for the 21st Century."

ketika siswa berinteraksi dengan lingkungan sosial dan terlibat dalam aktivitas bermakna⁴⁸. Model pembelajaran *Project-STEM Based Learning* interaksi sosial terjadi melalui kerja kelompok untuk menyelesaikan proyek sedangkan aktivitas bermakna tercermin dari penerapan konsep STEM ke masalah autentik. Teori lain yang relevan adalah pembelajaran berbasis inkuiri (*Inquiry-Based Learning*) di mana siswa mengonstruksi pengetahuan melalui proses bertanya, mengeksplorasi, dan merefleksikan⁴⁹. Siswa menggunakan inkuiri pada materi perubahan energi untuk meneliti faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi konversi energi, lalu mengomunikasikan hasilnya dalam bentuk laporan atau poster ilmiah. Teori *Social Interdependence* juga menjelaskan bahwa keberhasilan proyek dalam model *Project-STEM Based Learning* bergantung pada interdependensi positif antaranggota kelompok di mana setiap siswa berkontribusi sesuai keahliannya⁵⁰. Hal ini memperkuat kolaborasi dan menciptakan dinamika kelompok yang produktif.

Berikut adalah penjelasan mengenai langkah-langkah dalam proses pembelajaran *Project-STEM Based Learning* yang efektif menurut⁵¹:

- a. Identifikasi Masalah atau Tantangan Nyata. Siswa diberikan permasalahan yang relevan dengan kehidupan sehari-hari yang

⁴⁸ Vygotsky, *The Development of Higher Psychological Functions*, vol. 15.

⁴⁹ Bybee, *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*.

⁵⁰ Johnson and Johnson, *Cooperative Learning Strategies* (1991).

⁵¹ Robert M. Capraro et al., *STEM Project-Based Learning: An Educator's Guide to Instructional Best Practices* (Sense Publishers, 2013).

berkaitan dengan konsep STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*). Permasalahan ini harus bersifat autentik dan kontekstual sehingga siswa terdorong untuk mencari solusi yang dapat diterapkan dalam dunia nyata.

- b. **Penyelidikan dan Eksplorasi.** Siswa mulai melakukan penelitian awal untuk menggali informasi lebih dalam. Siswa dapat melakukan eksperimen, observasi, studi literatur, atau wawancara untuk memahami prinsip sains, teknologi, teknik, dan matematika yang berkaitan dengan proyek siswa. Guru pada tahap ini berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan siswa dalam menemukan sumber informasi yang valid dan membantu siswa memahami konsep dasar yang mendukung proyek.
- c. **Perancangan dan Perencanaan Proyek.** Siswa bekerja dalam kelompok untuk membuat sketsa desain, diagram alir, atau *blueprint* dari solusi yang siswa usulkan. Siswa juga menentukan bahan, alat, dan metode yang akan digunakan untuk membangun proyek siswa. Tahap ini mendorong siswa untuk berkolaborasi, berdiskusi, dan membagi tugas dalam tim agar proyek dapat berjalan secara efektif.
- d. **Pembuatan dan Pengembangan Produk.** Siswa ada tahap ini mulai mewujudkan rencana mereka dengan membangun prototipe atau produk sesuai dengan desain yang telah dibuat. Siswa dapat menggunakan berbagai teknologi dan alat yang mendukung prinsip STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*). Siswa

selama proses ini juga dapat menghadapi berbagai tantangan sehingga siswa harus mampu memecahkan masalah dan menyesuaikan desain agar proyek berhasil.

- e. Pengujian dan Evaluasi. Siswa harus menguji efektivitas dan kinerja produk setelah produk selesai dibuat. Pengujian ini dapat dilakukan dengan melakukan eksperimen, mengukur hasil kerja proyek, dan membandingkannya dengan tujuan awal. Jika ditemukan kekurangan atau kesalahan dalam desain, maka siswa melakukan iterasi atau perbaikan untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas produk. Tahap ini mengajarkan pentingnya berpikir reflektif dan terus melakukan perbaikan berdasarkan data yang diperoleh.
- f. Presentasi dan Komunikasi Hasil. Siswa kemudian menyusun laporan dan mempresentasikan hasil proyek di depan kelas atau komunitas setelah mengembangkan produk dengan optimal. Presentasi dapat dilakukan dalam berbagai bentuk seperti demonstrasi langsung, poster, video dokumentasi, atau laporan tertulis. Tujuan dari tahap ini adalah agar siswa mengembangkan kemampuan komunikasi, menjelaskan ide-ide dengan jelas, serta menerima kritik dan saran dari guru maupun teman sebaya.
- g. Refleksi dan Perbaikan. Tahap akhir, siswa dan guru melakukan refleksi terhadap proses dan hasil proyek. Siswa mendiskusikan kesulitan, tantangan, serta pembelajaran yang diperoleh selama menjalankan proyek. Siswa juga memberikan masukan dan saran

untuk perbaikan proyek di masa depan. Refleksi ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) serta keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi dalam menyelesaikan masalah dunia nyata.

Beberapa penelitian empiris telah membuktikan efektivitas integrasi *Project-STEM Based Learning*. Capraro dalam studi di sekolah dasar AS menemukan bahwa siswa yang terlibat dalam *Project-STEM Based Learning* menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan komunikasi dan kerja tim dibandingkan dengan metode tradisional⁵². Hasil serupa dilaporkan oleh Han di Korea Selatan siswa SD mampu menyelesaikan proyek robotik dengan kolaborasi efektif setelah menerapkan model *Project-STEM Based Learning*⁵³. Temuan ini memperkuat relevansi model *Project-STEM Based Learning* untuk diimplementasikan di MI Sunan Kalijogo Karangbesuki khususnya pada materi perubahan energi yang memerlukan pendekatan aplikatif dan kolaboratif.

4. Energi dan Perubahannya

Konsep perubahan energi mengacu pada proses di mana energi diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya tanpa kehilangan jumlah totalnya. Proses transformasi ini merupakan fenomena fundamental dalam fisika yang dapat diamati dalam berbagai situasi. Contoh

⁵²Capraro et al., *STEM Project-Based Learning: An Educator's Guide to Instructional Best Practices*.

⁵³ Han et al., "How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently."

transformasi energi adalah energi listrik dapat berubah menjadi energi panas pada alat pemanas, sedangkan energi kinetik atau energi gerak bisa diubah menjadi energi bunyi ketika terjadi tumbukan atau getaran. Konsep ini memberikan dasar bagi siswa untuk memahami bahwa meskipun bentuk energi berubah, energi itu sendiri tetap ada dalam sistem. Pembelajaran konsep ini di tingkat SD biasanya diawali dengan pengamatan sederhana terhadap peristiwa sehari-hari yang melibatkan transformasi energi, sehingga siswa dapat mulai mengaitkan teori dengan pengalaman nyata⁵⁴.

Manfaat dari suatu bentuk energi akan terlihat ketika energi tersebut mengalami perubahan bentuk sesuai dengan prinsip kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dihilangkan melainkan hanya berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya⁵⁵. Konteks transformasi energi memiliki berbagai jenis energi utama yang dapat saling bertransformasi, antara lain:

- a. Energi kinetik. Energi yang terkait dengan gerak suatu benda.

Energi kinetik dapat berubah menjadi energi potensial atau energi termal. Contohnya ketika sebuah bola dilempar ke atas, energi geraknya secara bertahap berubah menjadi energi potensial gravitasi.

⁵⁴ Derajat, "Pengaruh Model STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kreatif Siswa Kelas IV Pada Materi Perubahan Energi MIN 1 Jombang"; Risma Widyasari and Dr Nana, "Pembahasan Materi Sumber Energi Terbarukan Dengan Menggunakan Model POE2WE," *Jurnal Ikatan Alumni Fisika* 6, no. 4 (2023): 46, <https://doi.org/10.24114/jiaf.v6i4.20742>.

⁵⁵ Fitria Sarnita, *Hukum Kekekalan Energi dalam Perspektif Filsafat Taoisme*, 6, no. 3 (2023).

- b. Energi potensial. Energi yang terkait dengan posisi atau keadaan suatu benda. Ketika benda yang memiliki energi potensial dilepaskan, energi tersebut berubah menjadi energi kinetik saat benda jatuh.
- c. Energi panas. Energi yang muncul dari pergerakan partikel di dalam suatu sistem. Saat benda dipanaskan, peningkatan gerak molekul menghasilkan energi panas.
- d. Energi listrik. Energi listrik dihasilkan dari aliran elektron yang dapat berasal dari reaksi kimia (seperti dalam baterai), proses mekanik (seperti pada generator), atau dari energi matahari melalui panel surya.
- e. Energi kimia. Energi yang tersimpan dalam ikatan antar atom atau molekul. Energi ini dapat diubah menjadi energi termal melalui proses pembakaran, energi listrik melalui reaksi elektrokimia, atau bahkan energi mekanik.
- f. Energi elektromagnetik. Contohnya adalah cahaya yang disalurkan melalui gelombang elektromagnetik. Energi ini dapat dikonversi menjadi energi listrik misalnya melalui sel surya.
- g. Energi angin. Energi ini dihasilkan oleh pergerakan udara dan melalui turbin angin, energi kinetik dari angin dapat diubah menjadi energi mekanik yang kemudian dapat dikonversi menjadi energi listrik.

Implementasi pembelajaran *Project-STEM Based Learning* pada konsep perubahan energi dapat diintegrasikan melalui proyek-proyek nyata yang menantang siswa untuk mengaplikasikan teori ke dalam praktik. Siswa dapat merancang kincir angin sebagai upaya untuk mengonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik, atau mengembangkan sistem daur ulang energi yang mengoptimalkan pemanfaatan energi terbuang. Materi perubahan energi memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dengan model *Project-STEM Based Learning* karena sifatnya yang aplikatif dan multidisipliner. Menurut beberapa penelitian, pembelajaran berbasis proyek mengenai energi akan lebih efektif jika memenuhi tiga kriteria utama:

- a. Relevansi kontekstual. Proyek harus terkait dengan masalah nyata, seperti efisiensi penggunaan energi di lingkungan sekolah.
- b. Interkoneksi STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*). Proyek harus menggabungkan prinsip-prinsip sains, teknologi, rekayasa (desain alat atau sistem), dan matematika (perhitungan efisiensi atau analisis data).
- c. Produk terukur. Hasil akhir proyek harus berupa prototipe atau solusi yang bisa diuji dan dievaluasi, misalnya alat penerangan darurat yang mengonversi energi gerak menjadi listrik.

Contoh konkret adalah proyek "Membuat Sistem Penerangan Darurat Tenaga Gerak". Siswa merancang alat yang mengubah energi kinetik diperoleh dari gerakan atau dinamo menjadi listrik yang

kemudian digunakan untuk menyalakan LED. Proses ini melibatkan pembagian tugas yang jelas antara kelompok (misalnya, perhitungan voltase, desain dinamo) dan juga mengasah kemampuan komunikasi melalui presentasi hasil uji coba. Pendekatan *Project-STEM Based Learning* dengan demikian tidak hanya membantu siswa memahami konsep transformasi energi secara teoretis tetapi juga mengasah keterampilan abad ke-21 diantaranya kreativitas, pemecahan masalah, kolaborasi, dan komunikasi.

5. Kemampuan Kolaborasi

Kemampuan kolaborasi dalam pembelajaran merujuk pada keterampilan bekerja sama secara efektif dalam kelompok untuk mencapai tujuan bersama. Indikator utama kolaborasi meliputi kerja tim, di mana anggota kelompok berkontribusi sesuai peran masing-masing; pembagian peran yang jelas untuk memastikan efisiensi tugas; resolusi konflik yang efektif guna mengatasi perbedaan pendapat; dan tanggung jawab bersama atas hasil akhir. Melalui kolaborasi yang baik, siswa belajar menghargai perspektif berbeda, meningkatkan kemampuan komunikasi, dan mengembangkan keterampilan interpersonal yang penting untuk kesuksesan akademik dan profesional⁵⁶.

⁵⁶ Suporahardjo, *Manajemen Kolaborasi: Memahami Pluralisme Membangun Konsensus*; Rodliyah and Fadly, “Meningkatkan Kemampuan Kolaborasi Melalui Model Guided Inquiry Berbasis Education for Sustainable Development Pada Materi Biotik Dan Abiotik.”

Salah satu landasan teoretis dalam memahami kolaborasi adalah *Social Interdependence Theory* yang dikembangkan oleh Johnson & Johnson. Teori ini menyatakan bahwa interdependensi sosial terjadi ketika hasil yang dicapai individu dipengaruhi oleh tindakan siswa sendiri dan orang lain. Ada dua jenis interdependensi sosial: positif, di mana tindakan individu mendorong pencapaian tujuan bersama, dan negatif, di mana tindakan individu menghambat pencapaian tujuan orang lain. Pembelajaran kooperatif yang berakar pada teori ini, menekankan pentingnya interaksi promotif, akuntabilitas individu, dan tanggung jawab kelompok dalam proses belajar. Melalui struktur interdependensi yang positif, siswa didorong untuk bekerja sama, saling mendukung, dan mencapai hasil belajar yang lebih baik⁵⁷.

Berdasarkan *Framework for 21st Century Learning (P21 Framework)* pengukuran kemampuan kolaborasi mencakup beberapa aspek kunci yang perlu diperhatikan:

- a. Bekerja sama secara aktif dalam tim untuk merancang dan menyelesaikan proyek perubahan energi.
- b. Menunjukkan fleksibilitas dan keterbukaan dalam mendiskusikan ide, mengatasi perbedaan pendapat, dan mencapai kesepakatan dalam proyek.
- c. Membagi tugas dan tanggung jawab secara adil dalam menyelesaikan setiap tahap *Project-STEM Based Learning*.

⁵⁷ Johnson and Johnson, *Cooperative Learning Strategis*.

- d. Menghargai kontribusi setiap anggota tim dan memberikan dukungan dalam penyelesaian proyek.
- e. Berpartisipasi dalam refleksi dan evaluasi tim untuk meningkatkan efektivitas kerja sama dan komunikasi dalam proyek perubahan energi.

Konsep ini menekankan bahwa kolaborasi bukan hanya sekadar kerja bersama tetapi juga melibatkan dinamika interaksi yang intens, di mana setiap individu memainkan peran yang mendukung kesuksesan tim secara keseluruhan. Keberhasilan dalam kolaborasi ditentukan oleh sejauh mana anggota kelompok dapat saling bergantung, berkomunikasi dengan baik, serta menjaga tanggung jawab pribadi sambil bekerja menuju tujuan bersama.

Project-Based Learning (PjBL) berperan signifikan dalam mengembangkan kemampuan kolaborasi siswa. Siswa dituntut untuk berkoordinasi dan bersinergi dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi proyek dalam proyek kelompok berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*)⁵⁸. Proses ini melibatkan pembagian tugas yang jelas, komunikasi efektif, dan pemecahan masalah secara kolektif⁵⁹. Siswa belajar menghargai kontribusi masing-masing anggota, mengelola konflik secara

⁵⁸ Annisa Putri Anggraini, Agnita Siska Pramasdyahsari, and Agnes Lita, "Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik Tingkat Sd Dalam Implementasi Project Based Learning," *Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan* 30, no. 2 (September 1, 2024): 139, <https://doi.org/10.24114/jpbp.v30i2.61205>.

⁵⁹ Fadhilah et al., "Kolaborasi Dan Motivasi."

konstruktif, dan bertanggung jawab atas hasil kelompok melalui PjBL⁶⁰. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan PjBL dapat meningkatkan kemampuan kolaborasi karena siswa terlibat dalam kegiatan berkelompok yang mendorong saling menghargai, menemukan solusi bersama, dan bertanggung jawab dalam menyelesaikan tugas

6. Kemampuan Komunikasi

Kemampuan komunikasi dalam konteks pembelajaran merujuk pada kemampuan siswa dalam menyampaikan, menerima, dan memproses informasi secara efektif melalui berbagai media, baik lisan, tertulis, maupun visual⁶¹. Aspek komunikasi mencakup: (a) komunikasi verbal, seperti diskusi, presentasi, dan argumentasi; (b) komunikasi nonverbal, termasuk penggunaan bahasa tubuh, ekspresi wajah, dan visualisasi; serta (c) komunikasi tertulis, seperti penyusunan laporan, diagram, atau refleksi pembelajaran⁶². Komunikasi ilmiah dalam pembelajaran sains memiliki peran kritis, di mana siswa dituntut untuk menyajikan data, menjelaskan fenomena, dan mempertahankan kesimpulan berbasis bukti⁶³. Siswa perlu mengomunikasikan hasil eksperimen tentang konversi energi panas ke listrik dengan struktur yang logis dan bahasa yang jelas. Kemampuan ini sejalan dengan

⁶⁰ Saenab et al., "PjBL Untuk Pengembangan Keterampilan Mahasiswa: Sebuah Kajian Deskriptif Tentang Peran PjBL Dalam Melejitkan Keterampilan Komunikasi Dan Kolaborasi Mahasiswa."

⁶¹ OECD, *OECD Economic Surveys: Indonesia 2018*, OECD Economic Surveys: Indonesia (OECD, 2018), https://doi.org/10.1787/eco_surveys-idn-2018-en.

⁶² Charles R. Graham et al., "K-12 Blended Teaching Readiness: Model and Instrument Development," *Journal of Research on Technology in Education* 51, no. 3 (2019): 239–58, <https://doi.org/10.1080/15391523.2019.1586601>.

⁶³ English and King, "STEM Learning through Engineering Design."

kerangka 4C (*Communication, Collaboration, Critical Thinking, Creativity*) dalam keterampilan abad ke-21 yang menjadi fokus kurikulum modern.

Berdasarkan *Framework for 21st Century Learning (P21 Framework)* indikator untuk mengukur kemampuan komunikasi mencakup beberapa aspek kunci yang mencerminkan efektivitas seseorang dalam berinteraksi dan menyampaikan informasi⁶⁴.

Indikator-indikator tersebut yaitu sebagai berikut:

- a. Mengungkapkan ide dan solusi perubahan energi secara jelas melalui komunikasi lisan, tulisan, dan nonverbal dalam diskusi kelompok atau presentasi proyek.
- b. Mendengarkan secara aktif dalam diskusi kelompok dan memberikan tanggapan berdasarkan pemahaman yang baik.
- c. Menggunakan komunikasi untuk berbagai tujuan seperti menjelaskan konsep perubahan energi, menyampaikan instruksi, memberi masukan, dan mempengaruhi keputusan dalam proyek.
- d. Memanfaatkan teknologi dan media digital untuk mengomunikasikan hasil proyek seperti melalui presentasi, laporan, atau video dokumentasi.
- e. Berkomunikasi secara efektif dalam lingkungan kolaboratif termasuk bekerja dalam kelompok dengan latar belakang atau

⁶⁴ Partnership for 21st Century Learning, *Framework for 21st Century Learning Definitions*.

pemahaman yang berbeda tentang STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*).

Integrasi indikator-indikator tersebut dalam pembelajaran, khususnya melalui model *Project-STEM Based Learning* dapat diwujudkan dengan melibatkan siswa dalam proyek-proyek yang menuntut siswa untuk bekerja sama, mendiskusikan ide, dan menyajikan hasilnya secara kolektif. Sebuah proyek perancangan alat pengonversi energi, siswa tidak hanya belajar konsep-konsep dasar tetapi juga mengasah kemampuan siswa dalam menyampaikan ide dan berkolaborasi melalui diskusi kelompok serta presentasi hasil kerja. Pembelajaran berbasis proyek ini dengan demikian dapat menguatkan kedua aspek komunikasi baik dalam hal penyampaian maupun pendengaran yang merupakan kunci dalam pengembangan keterampilan abad ke-21⁶⁵.

Implementasi model *Project-STEM Based Learning* terbukti meningkatkan kemampuan komunikasi siswa melalui tiga mekanisme utama:

- a. Kontekstualisasi masalah. *Project-STEM Based Learning* menghadirkan masalah autentik (misal: merancang sistem

⁶⁵ Agus Mukti Wibowo et al., "Critical Thinking and Collaboration Skills on Environmental Awareness in Project-Based Science Learning," *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* 13, no. 1 (2024): 103–15; Egidia Anjaswati Pratiwi et al., "Keterampilan Komunikasi Siswa Kelas V SDN 32 Cakranegara Kecamatan Sandubaya Kota Mataram Tahun Ajaran 2021/2022," *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 7, no. 3b (2022): 1639–46, <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i3b.832>.

penghemat energi) yang memaksa siswa untuk mengartikulasikan solusi dengan bahasa teknis dan analogi sehari-hari⁶⁶.

- b. Kolaborasi multidisiplin. Kerja tim dalam *Project-STEM Based Learning* menuntut siswa menjelaskan konsep sains kepada anggota kelompok dengan latar belakang pemahaman berbeda sehingga melatih kemampuan adaptasi bahasa⁶⁷.
- c. Refleksi dan umpan balik. Tahap evaluasi dalam PjBL meminta siswa merevisi karya berdasarkan masukan guru dan teman yang memperkuat keterampilan menerima kritik dan menyusun respons konstruktif⁶⁸.

Studi Ismail pada siswa SD di Malaysia menemukan bahwa partisipasi dalam *Project-STEM Based Learning* meningkatkan skor komunikasi ilmiah siswa sebesar 27% dibandingkan metode ceramah⁶⁹. Penelitian Evi di SD menunjukkan bahwa presentasi proyek secara signifikan meningkatkan kepercayaan diri siswa dalam berbicara di depan kelas⁷⁰. Temuan ini mendukung hipotesis bahwa model *Project-STEM Based Learning* dapat menjadi strategi efektif untuk mengembangkan kemampuan komunikasi siswa kelas V MI pada materi perubahan energi.

⁶⁶ Bell, "Project-Based Learning for the 21st Century."

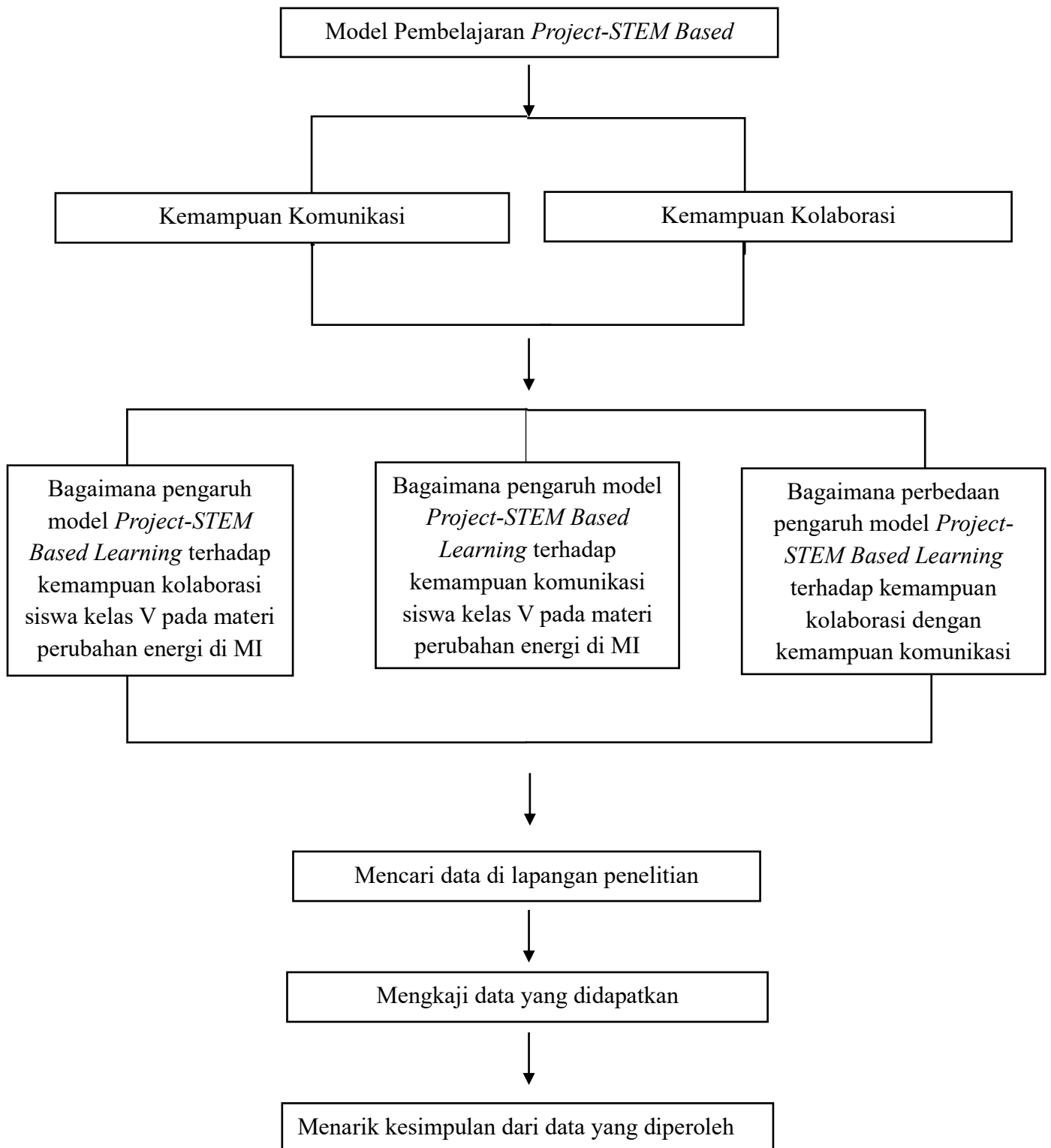
⁶⁷ Han et al., "How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently."

⁶⁸ Capraro, *STEM Project-Based Learning*.

⁶⁹ Siti Munawaroh Ismail and Wahidin Wahidin, "Komunikasi Ilmiah Siswa Sekolah Dasar Melalui Proyek Permainan STEM (Sains, Technology, Engineering, and Mathematic)," *Jurnal Basicedu* 6, no. 4 (2022): 6967–74, <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3439>.

⁷⁰ Maulidah, "Efektifitas Model Project Based Learning (PjBL) Untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Dan Kolaborasi Siswa."

B. Kerangka Berpikir



C. Hipotesis Penelitian

H₀₁: Model *Project-STEM Based Learning* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan kolaborasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki yang pada kondisi awal menunjukkan keterbatasan dalam menyampaikan gagasan secara runtut, kurang aktif dalam diskusi, serta belum mampu mengkomunikasikan hasil percobaan ilmiah pada materi perubahan energi.

H_{a1}: Model *Project-STEM Based Learning* memberikan pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan kemampuan kolaborasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki yang pada kondisi awal menunjukkan keterbatasan dalam menyampaikan gagasan secara runtut, kurang aktif dalam diskusi, serta belum mampu mengkomunikasikan hasil percobaan ilmiah pada materi perubahan energi.

H₀₂: Model *Project-STEM Based Learning* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki yang pada kondisi awal ditandai dengan rendahnya efektivitas kerja kelompok, ketidakjelasan pembagian tugas, tingginya potensi konflik, serta dominasi beberapa siswa dalam penyelesaian tugas pada materi perubahan energi.

H_{a2}: Model *Project-STEM Based Learning* memberikan pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki yang pada kondisi awal ditandai

dengan rendahnya efektivitas kerja kelompok, ketidakjelasan pembagian tugas, tingginya potensi konflik, serta dominasi beberapa siswa dalam penyelesaian tugas pada materi perubahan energi.

H₀₃: Terdapat perbedaan antara pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dengan kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki yang keduanya berada pada kondisi awal rendah sebagai akibat dari penerapan metode pembelajaran konvensional yang rendahnya interaksi dan praktik ilmiah pada materi perubahan energi.

H_{a3}: Tidak terdapat perbedaan antara pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dengan kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki yang keduanya berada pada kondisi awal rendah sebagai akibat dari penerapan metode pembelajaran konvensional yang rendahnya interaksi dan praktik ilmiah pada materi perubahan energi.

BAB III

METODE

A. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena bertujuan untuk mengukur pengaruh *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa secara objektif melalui data numerik. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen semu (*quasi-experimental research*) dengan desain *posttest only control group design* di mana terdapat kelompok eksperimen yang diberikan pembelajaran dengan model *Project-STEM Based Learning* dan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional. Kedua kelompok akan diberikan *posttest* setelah pembelajaran untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa⁷¹. Secara lebih rinci, desain penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

Group	Treatment	Posttest
E	X	O ₁
C	-	O ₂

Gambar 3.1 Alur Penelitian *posttest only control group design*

Keterangan:

O₁ : Kelompok eksperimen sebelum diberi perlakuan

X : Perlakuan yang diberikan

O₂ : Kelompok eksperimen setelah diberi perlakuan

⁷¹ J. W Creswell and J. D Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Sage publications, 2017); Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D* (Alfabeta, 2019).

E : Kelompok eksperimen

C : Kelompok kontrol

B. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di MI Sunan Kalijogo Karangbesuki, sebuah Madrasah Ibtidaiyah yang terletak di Jalan Karangbesuki No. 15, Kelurahan Karangbesuki, Kecamatan Sukun, Kota Malang, Jawa Timur. Lokasi ini dipilih berdasarkan pertimbangan bahwa MI Sunan Kalijogo Karangbesuki merupakan lembaga pendidikan dasar yang representatif untuk meneliti implementasi model *Project-STEM Based Learning* karena memiliki karakteristik siswa dan lingkungan pembelajaran yang sesuai dengan fokus penelitian.

C. Variabel Penelitian

Variabel independen dalam penelitian ini adalah *Project-STEM Based Learning* yang diterapkan pada kelompok eksperimen untuk mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proyek berbasis ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM). Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa.

D. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas V di MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada tahun ajaran 2024/2025 yang berjumlah 71. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik sampel jenuh yang sebelumnya telah dilakukan uji homogenitas terhadap seluruh kelas.

Teknik ini merupakan metode pengambilan sampel di mana seluruh anggota populasi dijadikan sampel karena jumlah populasinya hanya terdiri dari dua kelas. Penggunaan teknik ini didasarkan pada anggapan bahwa anggota populasi memiliki karakteristik yang seragam (homogen)⁷².

E. Data dan Sumber Data

Data dalam penelitian ini terdiri dari data kuantitatif dan kualitatif yang dikumpulkan untuk menganalisis pengaruh Model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa. Data utama berupa hasil *posttest* kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa yang diperoleh dari instrumen observasi. Data pendukung diperoleh melalui angket guna mengetahui persepsi siswa dalam pembelajaran tersebut. Sumber data dalam penelitian ini adalah siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki yang menjadi subjek penelitian serta guru yang terlibat dalam proses pembelajaran yang memberikan wawasan tambahan mengenai implementasi model *Project-STEM Based Learning*.

F. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam studi ini bertujuan untuk mengukur kemampuan kolaborasi, komunikasi siswa serta menerapkan model *Project-STEM Based Learning*.

⁷² Riduwan, Belajar Mudah Penelitian Untuk Guru-Karyawan Dan Peneliti Pemula (Bandung: Alfabeta, 2011), hal. 58.

1. Lembar observasi keterlaksanaan *Project-STEM Based Learning*

Instrumen ini bertujuan untuk menilai tingkat keterlibatan siswa dalam setiap tahapan pembelajaran berbasis *Project-STEM Based Learning*. Evaluasi dilakukan oleh guru atau pengamat dengan mengamati partisipasi siswa mulai dari identifikasi masalah hingga refleksi dan perbaikan. Setiap tahapan *Project-STEM Based Learning* yaitu identifikasi masalah, penyelidikan, perencanaan proyek, pembuatan produk, pengujian, presentasi, dan refleksi dinilai dengan skala Likert 1-4 yang mencerminkan sejauh mana siswa terlibat dan berkontribusi dalam proses pembelajaran. Terlampir pada Lampiran 3.1

2. Lembar observasi kemampuan komunikasi

Instrumen ini dirancang untuk mengukur berbagai aspek kemampuan komunikasi siswa selama proses pembelajaran. Penilaian dilakukan oleh guru atau pengamat dengan menggunakan skala Likert 1-4 yang mencerminkan tingkat penguasaan siswa dalam menyampaikan ide dan solusi, mendengarkan secara aktif, menggunakan komunikasi untuk berbagai tujuan, memanfaatkan teknologi dalam presentasi, serta efektivitas komunikasi dalam tim⁷³.

Instrumen ini dapat dilihat pada Lampiran 3.2

3. Lembar observasi kemampuan kolaborasi

Instrumen ini digunakan untuk mengukur sejauh mana siswa menunjukkan kemampuan bekerja sama dalam tim. Evaluasi dilakukan

⁷³ Partnership for 21st Century Learning, *Framework for 21st Century Learning Definitions*.

melalui pengamatan langsung dengan menggunakan skala Likert 1-4. Indikator yang diukur mencakup kerja sama aktif, fleksibilitas dalam berdiskusi, pembagian tugas yang adil, penghargaan terhadap kontribusi anggota, serta keterlibatan dalam refleksi dan evaluasi tim guna meningkatkan efektivitas kerja sama⁷⁴. Berikut lembar observasinya tertera pada Lampiran 3.3

4. Lembar penilaian presentasi proyek

Penilaian dilakukan oleh guru atau pengamat menggunakan rubrik skala likert 1-4 dengan indikator kejelasan dalam menyampaikan ide dan solusi, penggunaan komunikasi untuk berbagai tujuan, pemanfaatan teknologi dalam presentasi proyek dan efektivitas komunikasi dalam tim. Instrumen ini dapat dilihat pada Lampiran 3.4

5. Angket *peer assessment* kemampuan kolaborasi

Instrumen ini berbentuk penilaian antar siswa dalam kelompok, di mana setiap anggota tim memberikan penilaian terhadap kontribusi individu lainnya menggunakan skala Likert 1-4. Adapun aspek yang dinilai yaitu kerja sama aktif, fleksibilitas dalam berdiskusi, pembagian tugas yang adil, penghargaan terhadap kontribusi anggota, serta keterlibatan dalam refleksi dan evaluasi tim guna meningkatkan efektivitas kerja sama. Tujuan dari instrumen ini adalah untuk mendapatkan perspektif dari sesama anggota tim. Beberapa aspek yang dinilai dalam *peer assessment* dapat dilihat pada Lampiran 3.5

⁷⁴ Partnership for 21st Century Learning, *Framework for 21st Century Learning Definitions*.

6. Angket refleksi siswa

Angket ini menggunakan skala Likert 1-4 yang diisi oleh siswa untuk menilai pengalaman siswa dalam pembelajaran *Project-STEM Based Learning* termasuk tantangan yang siswa hadapi serta manfaat yang diperoleh dalam aspek kolaborasi dan komunikasi. Instrumen ini mengukur indikator identifikasi masalah, penyelidikan, perencanaan proyek, pembuatan produk, pengujian, presentasi, dan refleksi. Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.6

G. Validitas Instrumen

1. Validitas Isi

Uji validitas isi dilaksanakan oleh Dr. H. Agus Mulyono, M. Kes selaku dosen ahli UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan Supriyati, S.Pd selaku guru sekaligus wali kelas VA MI Sunan Kalijogo Karangbesuki. Proses pengujian validitas isi dihitung menggunakan *Microsoft Excel* dengan menerapkan rumus indeks V dari Aiken.

Berikut adalah rumus indeks V yang digunakan dalam penghitungan tersebut:

$$V = \frac{\sum s}{N(c - 1)}$$

Gambar 3.2 Rumus Indeks V

Keterangan :

V : Validitas	N : Banyaknya ahli
C : Skor tertinggi (4)	$\sum s$: r-lo
r : skor kategori pilihan ahli	

lo : skor terendah dalam pensekoran

Tabel 3.1 Kriteria Validitas Aiken V

Hasil	Kriteria
$0,81 \leq V \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,61 \leq V \leq 0,80$	Tinggi
$0,41 \leq V \leq 0,60$	Cukup
$0,21 \leq V \leq 0,40$	Rendah
$0,00 \leq V \leq 0,20$	Sangat Rendah

a. Validitas Modul Ajar

Berdasarkan hasil validasi dosen ahli instrumen menghasilkan nilai V yaitu 0,8 yang memiliki arti bahwa Modul Ajar yang akan digunakan memiliki kriteria sangat valid karena memenuhi semua komponen modul ajar kurikulum merdeka untuk mendukung pencapaian tujuan pendidikan yang diharapkan dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa.

Tabel 3.2 Hasil Validitas Modul Ajar

$\sum S$	$n(c-1)$	V	Ket
66	88	0,8	Sangat Tinggi

b. Validitas Lembar Observasi Keterlaksanaan Modul Ajar

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli instrumen menghasilkan nilai V 0,812 yang berarti lembar observasi modul ajar yang akan digunakan valid.

Tabel 3.3 Hasil Validitas Observasi Modul Ajar

$\sum S$	$n(c-1)$	V	Ket
26	32	0,812	Sangat Tinggi

c. Validitas Lembar Observasi Kemampuan Komunikasi

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli instrumen menghasilkan nilai V 0,81 yang berarti lembar observasi kemampuan komunikasi yang akan digunakan valid.

Tabel 3.4 Hasil Validitas Observasi Kemampuan Komunikasi

ΣS	$n(c-1)$	V	Ket
23	28	0,81	Sangat Tinggi

d. Validitas Lembar Observasi Kemampuan Kolaborasi

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli instrumen menghasilkan nilai V 0,821 yang berarti lembar observasi kemampuan kolaborasi yang akan digunakan valid.

Tabel 3.5 Hasil Validitas Observasi Kemampuan Kolaborasi

ΣS	$n(c-1)$	V	Ket
23	28	0,821	Sangat Tinggi

e. Validitas Lembar Penilaian Presentasi

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli instrumen menghasilkan nilai V 0,825 yang berarti lembar penilaian presentasi yang akan digunakan valid.

Tabel 3.6 Hasil Validitas Lembar Penilaian Presentasi

ΣS	$n(c-1)$	V	Ket
17	20	0,825	Sangat Tinggi

f. Validasi Angket Refleksi

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli instrumen menghasilkan nilai V 0,777 yang memiliki arti bahwa angket refleksi yang akan digunakan valid.

Tabel 3.7 Hasil Validitas Angket Refleksi

$\sum S$	$n(c-1)$	V	Ket
28	32	0,777	Tinggi

g. Validasi Angket *Peer Assessment* Kemampuan Kolaborasi

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli instrumen menghasilkan nilai V 0,82 yang memiliki arti bahwa angket *peer assessment* kemampuan kolaborasi yang akan digunakan valid.

Tabel 3.8 Hasil Validitas Angket *Peer Assessment*

$\sum S$	$n(c-1)$	V	Ket
30	36	0,82	Sangat Tinggi

H. Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi

Observasi digunakan untuk menilai sejauh mana tahapan *Project-STEM Based Learning* diterapkan dalam pembelajaran serta untuk mengamati kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa dalam proses kerja kelompok. Pengamat (guru) mengamati aktivitas siswa menggunakan Lembar Observasi Keterlaksanaan Model *Project-STEM Based Learning* yang mencakup tujuh tahap utama dalam model *Project-STEM Based Learning* yang sudah terlampir pada lampiran 3.1. Sedangkan lembar observasi kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa digunakan untuk menilai interaksi siswa dalam tim (lampiran 3.2 dan 3.3). Selain itu, terdapat juga penilaian presentasi proyek siswa yang digunakan untuk menilai kemampuan komunikasi siswa (lampiran 3.5). Observasi dilakukan secara langsung selama pembelajaran

berlangsung oleh guru dan dicatat menggunakan skala Likert untuk menilai setiap aspek yang diamati.

2. Angket

Angket digunakan untuk memperoleh informasi langsung dari siswa mengenai pengalaman dalam pembelajaran *Project-STEM Based Learning* serta untuk menilai kontribusi individu dalam kelompok. Angket refleksi siswa diberikan setelah proyek selesai untuk mengumpulkan data tentang pengalaman siswa, tantangan yang dihadapi, serta manfaat yang diperoleh dalam aspek kolaborasi dan komunikasi (lampiran 3.6). Sedangkan *peer assessment* (penilaian kontribusi individu dalam kelompok) digunakan untuk menilai tingkat partisipasi dan kontribusi setiap anggota dalam tim berdasarkan indikator yang telah ditentukan (lampiran 3.5). Data dikumpulkan menggunakan skala Likert (1–4) serta komentar terbuka guna mendapatkan wawasan lebih mendalam.

I. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua tahap utama, yaitu uji prasyarat analisis dan analisis model struktural menggunakan PLS-SEM (*Partial Least Squares-Structural Equation Modeling*).

1. Uji Persyaratan

Data penelitian terlebih dahulu diuji menggunakan uji prasyarat sebelum melakukan analisis model. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa data layak dianalisis secara statistik.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data terdistribusi secara normal atau tidak. Distribusi normal menjadi asumsi penting dalam analisis statistik parametrik. Uji ini dilakukan menggunakan *software SPSS* dengan melihat nilai signifikansi *Shapiro-Wilk* karena sampel data kurang dari 100. Data dikatakan berdistribusi normal jika nilai signifikansi $> 0,05$ ⁷⁵.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah varians antar kelompok data sama atau tidak. Uji ini juga dilakukan menggunakan SPSS dengan melihat nilai signifikansi dari *Test of Homogeneity of Variance* pada signifikansi *Based on Mean*. Data dinyatakan homogen apabila nilai signifikansi $> 0,05$ ⁷⁶.

2. Uji Hipotesis

Uji ini digunakan untuk menguji perbedaan pengaruh model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa dengan menggunakan *Independent Sample t-test*. Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh

⁷⁵ Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D* (Alfabeta, 2019); J. W Creswell and J. D Creswell., *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. (Sage Publications, 2017).

⁷⁶ Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D* (Alfabeta, 2019); Creswell and Creswell., *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*.

antara Model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa terdapat perbedaan pengaruh. Jika $p\text{-value} < 0.05$, maka hipotesis nol ditolak yang berarti Model *Project-STEM Based Learning* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kedua keterampilan tersebut

3. Analisis PLS-SEM (*Partial Least Squares-Structural Equation Modeling*)

Analisis utama menggunakan *Partial Least Squares-Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) dengan *software SmartPLS 4*. PLS-SEM dipilih karena metode ini cocok untuk menganalisis hubungan kausal antara variabel laten bahkan pada ukuran sampel kecil dan distribusi data yang tidak normal. Analisis PLS-SEM terdiri dari dua tahapan utama⁷⁷:

a. Evaluasi Model Pengukuran (*Outer Model*)

Model pengukuran bertujuan untuk menguji validitas dan reliabilitas dari indikator-indikator yang membentuk konstruk laten. Evaluasi ini mencakup:

1) Uji Validitas Konvergen

Validitas konvergen menunjukkan sejauh mana indikator-indikator suatu konstruk memiliki hubungan yang

⁷⁷ Joseph F. Hair et al., *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R: A Workbook*, Classroom Companion: Business (Springer International Publishing, 2021), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7>.

tinggi satu sama lain. Uji ini dilakukan melalui *Outer Loading* dimana indikator dinyatakan valid jika nilai *outer loading* $> 0,7$ dan *Average Variance Extracted* (AVE) dimana konstruk dinyatakan memiliki validitas konvergen yang baik jika nilai AVE $> 0,5$.

2) Uji Reliabilitas Konstruk

Reliabilitas konstruk menunjukkan konsistensi internal dari indikator-indikator pembentuk konstruk. Pengujian reliabilitas dilakukan melalui *Composite Reliability* (CR) dan *Cronbach's Alpha* (CA) dimana konstruk reliabel jika CR $> 0,7$ dan CA $> 0,7$ menunjukkan konsistensi internal yang baik.

b. Evaluasi Model Struktural (*Inner Model*)

Model struktural bertujuan untuk menguji hubungan antar konstruk laten dalam model penelitian. Evaluasi inner model mencakup langkah-langkah berikut:

- 1) Uji *R-Square* (R^2). Nilai R^2 menunjukkan seberapa besar variabel bebas mampu menjelaskan variabel terikat. Semakin tinggi nilai R^2 maka semakin baik model dalam menjelaskan variasi konstruk dependen.
- 2) Uji Signifikansi Jalur (*Path Coefficient*). Hubungan dinyatakan signifikan jika nilai *t-statistic* $> 1,96$ ($\alpha = 0,05$) atau *p-value* $< 0,05$.

BAB IV

HASIL DAN PAPARAN DATA

A. Deskripsi Model Pembelajaran *Project-STEM Based Learning* pada Materi Perubahan Energi

Penelitian ini dilakukan pada siswa kelas V di MI Sunan Kalijogo Karangbesuki dengan melibatkan dua kelas sebagai sampel penelitian. Kelas VA sebagai kelompok yang diberikan pembelajaran dengan model *Project-STEM Based Learning* (kelompok eksperimen) sementara kelas VB sebagai kelompok yang tidak menerima perlakuan tersebut (kelompok kontrol). Tujuan dari perbedaan ini adalah untuk mengevaluasi bagaimana penerapan model pembelajaran *Project-STEM Based Learning* memengaruhi kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa pada materi perubahan energi. Pelaksanaan pembelajaran *Project-STEM Based Learning* dilakukan selama satu minggu, tepatnya dari tanggal 19 hingga 24 Mei 2025 dengan total enam pertemuan. Setiap sesi berlangsung selama 70 menit. Proses pembelajaran model *Project-STEM Based Learning* meliputi tujuh tahapan, yaitu: identifikasi masalah, penyelidikan dan eksplorasi, perancangan dan perencanaan proyek, pembuatan dan pengembangan produk, pengujian dan evaluasi, presentasi, serta refleksi.

Pertemuan pertama pembelajaran difokuskan pada tahap identifikasi masalah, penyelidikan, dan eksplorasi. Guru mengajak siswa melakukan aktivitas menggosokkan tangan sebagai pengantar diskusi tentang bentuk dan perubahan energi yang terjadi dalam kegiatan tersebut

dimana pada kegiatan ini merupakan tahap identifikasi masalah. Siswa kemudian diajak berdiskusi dan diberikan beberapa pertanyaan pemantik untuk menggali pemahaman siswa mengenai bentuk dan perubahan energi. Siswa diberikan kesempatan untuk menyampaikan pendapat atau informasi yang diketahui tentang bentuk dan perubahan energi. Guru juga memberikan penjelasan tambahan untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi yang dibahas.

Siswa selanjutnya melakukan penyelidikan dan eksplorasi tentang bentuk dan perubahan energi yang terjadi dilingkungan sekitarnya. Tahap ini melatih siswa untuk mengamati bentuk perubahan energi dilingkungan sekitar mereka lalu menganalisis temuan tersebut secara bersama-sama. Siswa dibagi ke dalam lima kelompok yang terdiri dari tujuh anggota dengan komposisi heterogen. Setiap kelompok diberi waktu lima menit untuk menentukan nama dan ketua kelompoknya. Guru menyampaikan instruksi yang harus diikuti oleh seluruh kelompok sebagai upaya untuk melatih kerja sama yang aktif, mempererat kekompakan, dan menjaga keteraturan selama proses belajar berlangsung. Siswa kemudian diminta melaksanakan kegiatan pertama yang terdapat dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) masing-masing kelompok. Siswa diarahkan untuk mengeksplorasi berbagai aktivitas di sekitar mereka yang berkaitan dengan bentuk dan perubahan energi.

Kegiatan pada tahap ini memberikan kebebasan kepada siswa untuk melakukan pembelajaran baik di dalam maupun di luar kelas selama 15-20

menit. Setiap kelompok memiliki strategi sendiri dalam menyelesaikan kegiatan pertama LKPD. Terdapat dua kelompok yang memilih untuk membagi anggotanya dalam dua bagian yaitu siswa yang mengamati benda dan aktivitas di luar kelas dan di dalam kelas. Satu kelompok memilih melangsungkan mengamati diluar kelas dan dua kelompok lainnya hanya berada di dalam kelas. Kelompok yang melakukan pengamatan dengan cara membagi anggotanya dapat menyelesaikan kegiatan tersebut dalam waktu 6-8 menit, sedangkan kelompok yang melakukan pengamatan diluar kelas dapat menyelesaikan kegiatan dalam waktu 10 menit dan dua kelompok yang menyelesaikan pengamatan di dalam kelas dapat menghabiskan waktu selama lebih dari 15 menit. Guru melakukan kuis untuk mengukur kemampuan siswa dalam menganalisis dan memberikan penjelasan logis mengenai bentuk perubahan energi setelah menyelesaikan semua kegiatan tersebut. Aktivitas dalam pertemuan pertama ini diilustrasikan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1

Pertemuan kedua berfokus pada tahapan perancangan dan perencanaan proyek. Guru memberikan penguatan materi mengenai bentuk dan perubahan energi yang telah dibahas sebelumnya. Guru juga menambahkan berbagai contoh serta manfaat dari perubahan energi dalam kehidupan sehari-hari. Guru kemudian membagikan kepada siswa kegiatan kedua Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Guru selanjutnya menjelaskan tentang aktivitas yang akan dilakukan pada kegiatan ini dan mengarahkan siswa untuk mendiskusikan pembagian peran siswa dalam setiap kelompok. Guru selanjutnya memberikan ilustrasi serta mengajukan pertanyaan terkait isu krisis energi untuk memperdalam pemahaman siswa. Siswa diminta untuk mendiskusikan solusi alternatif jika terjadi krisis energi listrik bersama kelompok masing-masing kemudian menuliskan hasil diskusi tersebut pada LKPD. Beberapa siswa cukup kesulitan dalam merencanakan dan merancang proyek yang akan dilakukan sehingga dalam proses perancangan ini seringkali masih bergantung pada bimbingan guru. Kegiatan ini mengarahkan siswa berpikir tingkat tinggi untuk menyelesaikan masalah, dan merancang serta merencanakan solusi yang akan dilakukan untuk mengatasi permasalahan krisis energi tersebut. Siswa diberi kesempatan untuk saling bertukar pikiran dan mengajukan pertanyaan antar anggota kelompok yang dibantu oleh guru. Siswa juga diberikan kesempatan untuk mengakses internet untuk eksplorasi lebih lanjut terkait permasalahan tersebut. Siswa pada tahap ini memilih solusi terbaik dari hasil diskusi, lalu menyusun rencana secara terperinci untuk

menyelesaikan permasalahan. Rencana ini mencakup sketsa rancangan, alat dan bahan yang dibutuhkan, langkah-langkah tindakan serta strategi pelaksanaan solusi tersebut. Rangkaian aktivitas pada pertemuan kedua ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2

Pertemuan ketiga mencakup tahap pembuatan dan pengembangan proyek. Siswa pada tahap ini mulai melaksanakan rencana yang telah disusun dengan cara membuat prototipe atau melakukan proyek sederhana sesuai dengan solusi yang telah direncanakan. Setiap kelompok mengembangkan proyek yang berbeda sesuai dengan solusi yang telah ditentukan. Kelompok 2, 4 dan 5 membuat proyek perubahan energi cahaya menjadi energi gerak dimana pada proyek ini, kelompok tersebut memanfaatkan panel surya untuk membuat kipas angin mini sederhana. Sedangkan kelompok 1 dan 3 melakukan proyek terkait perubahan energi kimia menjadi energi cahaya dimana kelompok ini menggunakan garam untuk menyalakan lampu LED. Beberapa siswa cukup kesulitan dalam kegiatan ini karna gagasan siswa mulai diwujudkan secara nyata melalui proses kreatif yang melibatkan kemampuan berpikir kritis, inovatif, dan

kolaboratif sedangkan pada perkembangan kognitif siswa saat ini masih terbatas untuk hal demikian. Aktivitas dalam pertemuan ketiga ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3

Tahapan dalam pertemuan keempat meliputi pengujian dan evaluasi. Proyek yang telah dilakukan sebelumnya kemudian diuji untuk mengetahui tingkat keberhasilannya. Proses pengujian dilakukan oleh setiap kelompok dengan menyusun laporan sederhana sesuai dengan yang terdapat di LKPD. Pengujian ini mencakup tentang pengamatan siswa terhadap uji coba yang dilakukan, apakah berhasil atau tidak, berapa selang waktu yang dibutuhkan dan bagaimana hasilnya. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, kelompok 1, 3, dan 5 melakukan perbaikan, proyek kelompok 1 dan 3 mendapatkan hasil uji coba bahwa air garam tidak dapat menyalakan lampu kemudian kelompok mengganti energi kimianya yang awalnya berasal dari garam kemudian diganti menggunakan baterai. Sedangkan pada kelompok 5 melakukan perbaikan dalam perekatan kabel yang terdapat pada panel surya

dimana kabel yang direkatkan menggunakan lem tembak ternyata tertutup dan tidak mengenai permukaan panel surya sehingga listrik tidak dapat mengalir dengan baik. Aktivitas yang berlangsung pada pertemuan keempat ini tergambarkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4

Pertemuan kelima mencakup pada tahap pengujian dan evaluasi serta persiapan untuk presentasi. Setiap kelompok pada pertemuan ini melakukan kegiatan masing-masing dimana kelompok 1, 3 dan 5 melakukan uji coba ulang setelah perbaikan dan mempersiapkan presentasi, sedangkan kelompok 2 dan 4 melakukan persiapan untuk presentasi. Kelompok 1, 3 dan 5 walaupun melakukan uji coba kembali, kelompok tetap mempersiapkan presentasinya. Hal ini dikarenakan setiap anggota sudah dibagikan peran seperti yang telah disepakati pada pertemuan kedua. Kegiatan presentasi dilakukan oleh semua kelompok dengan cara membuat poster dari kertas manila. Kegiatan ini melatih kemampuan kolaborasi dan

komunikasi siswa untuk menyelesaikan proyeknya. Aktivitas yang berlangsung pada pertemuan kelima ini tergambarkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5

Pertemuan keenam merupakan tahap keenam dan ketujuh dalam pembelajaran *Project-STEM Based Learning* yaitu tahap presentasi dan refleksi. Setiap kelompok menyampaikan proses dan hasil akhir proyek yang telah dilalui melalui presentasi laporan tertulis media poster yang telah dibuat dari kertas manila. Sesi presentasi dilanjutkan dengan diskusi dan tanya jawab antar kelompok. Sesi ini sekaligus mengarahkan siswa pada tahap refleksi dimana pada sesi tanya jawab ternyata banyak siswa yang bertanya terkait kelebihan dan kekurangan proyek kelompok dan apa yang akan diperbaiki jika diberi waktu lebih untuk penyempurnaan proyeknya, selain itu banyak juga yang bertanya mengenai kenapa kelompok melakukan proyek tersebut. Siswa dapat secara lisan dan tertulis namun pesan yang disampaikan masih belum sepenuhnya efektif pada proses presentasi. Kegiatan ini terekam dalam Gambar 4.6. Siswa kemudian diminta mengisi angket guna mengetahui respons terhadap model

pembelajaran yang digunakan serta untuk mengukur pengaruhnya terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa.



Gambar 4.6

Berdasarkan hasil PLS-SEM analisis validitas konstuk dapat dilihat pada hasil analisis *outer loading* pada variabel model *Project-STEM Based Learning* menunjukkan bahwa sebagian besar indikator memiliki nilai di atas 0,70 sehingga dapat dinyatakan valid. Indikator yang memiliki nilai tinggi antara lain penyelidikan (0,828), pengujian (0,855), presentasi (0,828), dan refleksi (0,921) yang menandakan bahwa indikator tersebut memberikan kontribusi besar terhadap keberhasilan pembelajaran berbasis proyek. Nilai yang tinggi terdapat pada indikator refleksi dan pengujian mengindikasikan bahwa proses evaluasi hasil proyek serta kemampuan siswa dalam menilai dan merefleksikan proses pembelajaran merupakan komponen penting dalam model ini. Terdapat dua indikator yakni perancangan (0,646) dan pembuatan (0,666) yang memiliki nilai di bawah 0,70 yang berarti tidak valid. Nilai yang relatif lebih rendah pada kedua indikator ini menunjukkan bahwa tahap perancangan dan pembuatan proyek masih menjadi tantangan bagi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki. Tahapan perancangan dan pembuatan proyek menuntut keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti analisis, sintesis, dan evaluasi

yang merupakan ciri khas dari tingkat operasional formal dan tidak semua siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki mampu menunjukkan kompetensi yang merata dalam indikator ini.

Berdasarkan data yang disajikan pada lampiran 4.1 pada hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dengan rata-rata nilai adalah 91,67% yang menyatakan bahwa langka pembelajaran *Project-STEM Based Learning* dapat terlaksana sesuai dengan tahapan dan dikategorikan sangat baik dalam keterlaksanaannya. Berdasarkan Tabel 4.1 mengenai hasil angket refleksi siswa diketahui bahwa rata-rata respon siswa terhadap pembelajaran *Project-STEM Based Learning* sebesar 80,53% yang dikategorikan sangat positif. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Project-STEM Based Learning* memberikan pengaruh yang sangat baik terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa khususnya pada materi perubahan energi.

Tabel 4.1 Hasil Angket Refleksi Siswa

Tahapan	No.	Pernyataan Sederhana	Skor	Presentase
Identifikasi Masalah	1	Siswa tahu masalah proyek ini.	3,11	77,78%
	2	Siswa bisa hubungkan proyek dengan kehidupan sehari-hari.	2,94	73,61%
	3	Siswa bekerja sama memilih masalah bersama teman.	3,47	86,81%
Penyelidikan & Eksplorasi	4	Siswa aktif mencari informasi.	2,94	73,61%
	5	Siswa mencari informasi bersama teman.	3,39	84,72%
	6	Siswa paham pelajaran STEM yang dibutuhkan.	3,25	81,25%
	7	Siswa mengalami kesulitan mencari informasi. (Jika ya, tulis alasannya.)	2,53	63,19%

Perencanaan Proyek	8	Siswa bisa membuat rencana kerja proyek.	3,25	81,25%
	9	Siswa membagi tugas bersama tim.	3,75	93,75%
	10	Siswa menyampaikan pendapat dan mendengarkan teman.	3,17	79,17%
	11	Siswa mengalami kesulitan dalam merancang proyek. (Jika ya, tulis alasannya.)	3	75%
Pembuatan Produk	12	Siswa bekerja sama membuat proyek.	3,61	90,28%
	13	Siswa menggunakan ilmu STEM saat membuat proyek.	3,22	80,56%
	14	Siswa menggunakan alat dan bahan dengan aman.	3,5	87,50%
Pengujian & Evaluasi	15	Siswa tahu cara menguji proyek.	3,42	85,42%
	16	Siswa bisa menilai hasil proyek.	3,06	76,39%
	17	Siswa memberi saran agar proyek lebih baik.	3,03	75,69%
Presentasi Hasil	18	Siswa menjelaskan proyek kepada teman dan guru.	3,22	80,56%
	19	Siswa menggunakan alat bantu atau teknologi dalam presentasi.	3,14	78,47%
	20	Siswa bisa menjawab pertanyaan tentang proyek.	3,19	79,86%
Refleksi & Perbaikan	21	Siswa tahu kesulitan yang dihadapi saat proyek.	2,97	74,31%
	22	Siswa menunjukkan peningkatan dalam kerja sama dan komunikasi.	3,44	86,11%
	23	Siswa bisa merefleksikan pengalaman dan memberi saran ke depan.	3,47	86,81%
Jumlah			74,1	1,852,083
Rata-rata			3,22	80,53%

B. Deskripsi Kemampuan Kolaborasi

Model *Project-STEM Based Learning* terbukti mendorong terbentuknya kerja sama aktif antar siswa sejak tahapan awal pembelajaran. Pada pertemuan pertama, siswa dibagi ke dalam kelompok heterogen yang mencakup keragaman kemampuan, karakter, dan pengalaman belajar. Siswa dalam kegiatan eksplorasi bentuk dan perubahan energi diajak untuk menyusun strategi pengamatan secara mandiri, baik di dalam maupun di luar kelas. Kelompok yang mampu membagi tugas dengan baik menunjukkan efektivitas kolaborasi yang tinggi, ditandai dengan efisiensi waktu dan kualitas laporan. Aktivitas ini menstimulasi koordinasi, pengambilan keputusan bersama, serta komunikasi tim yang menjadi fondasi utama dalam kolaborasi. Tahapan ini mewakili integrasi *Science* dalam konteks STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) melalui observasi langsung dan diskusi ilmiah seputar fenomena energi di lingkungan sekitar.

Fleksibilitas siswa dalam bekerja sama terlihat pada pertemuan kedua dan ketiga, saat siswa berdiskusi untuk merancang solusi terhadap isu krisis energi dan mewujudkan ide dalam bentuk proyek nyata. Proses ini melibatkan perdebatan ide, penyaringan gagasan, dan kesepakatan kelompok untuk memilih solusi terbaik seperti mengubah energi cahaya menjadi energi gerak atau energi kimia menjadi cahaya. Diskusi ini mencerminkan elemen *Engineering* yaitu perancangan dan pengembangan solusi teknis, serta *Mathematics* saat siswa memperkirakan kebutuhan

bahan dan langkah kerja. Sikap terbuka terhadap perbedaan pendapat serta kemampuan beradaptasi dengan perubahan perencanaan menunjukkan fleksibilitas dalam kolaborasi. Keberhasilan beberapa kelompok dalam memperbaiki proyek, seperti mengganti bahan garam dengan baterai atau memperbaiki sambungan kabel, juga menjadi bukti kemampuan kolaborasi dalam menghadapi tantangan nyata secara konstruktif.

Pembagian tugas dalam kelompok berlangsung secara adil dan transparan. Sejak awal perencanaan proyek, siswa didorong untuk berdiskusi dan menentukan peran masing-masing anggota, seperti pencatat data, penanggung jawab alat, pembuat media presentasi, dan pembicara saat presentasi. Hal ini menumbuhkan tanggung jawab personal dan mendorong partisipasi aktif seluruh anggota tim. Setia kelompok pada pertemuan kelima mempersiapkan presentasi proyek, terlihat bahwa setiap siswa memahami dan menjalankan tugasnya dengan baik. Proses ini memperkuat komponen *Technology*, terutama saat siswa mencari informasi daring, mendesain poster, dan menyusun media presentasi. Kegiatan ini memperlihatkan bahwa kolaborasi tidak hanya terjadi secara verbal, tetapi juga dalam bentuk koordinasi digital dan visual.

Aspek penghargaan terhadap kontribusi anggota kelompok juga berkembang dengan baik. Siswa menunjukkan sikap saling menghargai, membantu teman yang mengalami kesulitan, dan menghindari dominasi individu dalam berbagai diskusi dan proses penyelesaian proyek. Saat terjadi kegagalan dalam proyek, tidak ada siswa yang menyalahkan rekan

satu tim, melainkan bersama-sama mengevaluasi dan memperbaiki kekurangan yang ada. Interaksi ini menunjukkan bahwa kolaborasi yang dibangun bersifat suportif dan kooperatif, memperkuat iklim sosial yang positif dalam kelas. Komunikasi yang produktif ini mencerminkan kematangan dalam berpikir kolaboratif yang juga menjadi bagian dari kompetensi sosial dalam *STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) education*.

Kemampuan kolaborasi siswa semakin terlihat dalam sesi refleksi dan evaluasi di pertemuan keenam. Siswa terlibat aktif dalam tanya jawab setelah mempresentasikan proyek dimana siswa tidak hanya fokus pada hasil proyek, tetapi juga pada proses kerja tim, alasan pemilihan solusi, dan tantangan yang dihadapi. Sesi ini mencerminkan kemampuan metakognitif siswa dalam menilai efektivitas kerja kelompok serta kesediaan untuk menerima masukan dari kelompok lain. Proses refleksi ini mencerminkan pendekatan ilmiah (*scientific attitude*) yang mengutamakan evaluasi berkelanjutan dan perbaikan berkesinambungan, bagian penting dalam model pembelajaran *Project-STEM Based Learning*.

Tabel 4.2 Hasil Observasi Kemampuan Kolaborasi

Kelas	Mean	N	Nilai Min.	Nilai Maks.
Kontrol	59,1	35	52	61
Eksperimen	88.5	36	72	99

Berdasarkan hasil observasi kemampuan kolaborasi diperoleh skor rata-rata 88,5 untuk kelas eksperimen dan 59,1 untuk kelas kontrol. Seluruh indikator kolaborasi seperti kerja sama aktif, fleksibilitas dalam diskusi,

pembagian tugas yang adil, penghargaan terhadap kontribusi, dan refleksi tim menunjukkan bahwa siswa dalam kelompok eksperimen unggul secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol dapat dilihat lebih rinci pada lampiran 4.4. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan *Project-STEM Based Learning* secara nyata mampu mendorong peningkatan kualitas kerja sama siswa dalam konteks pembelajaran. Selain itu, berdasarkan hasil angket penilaian teman sejawat (*peer assessment*) pada kelas eksperimen diperoleh rata-rata skor 3,17 (79,4%) yang termasuk dalam kategori tinggi dapat dilihat lebih rinci pada lampiran 4.5. Siswa saling menilai kemampuan teman dalam kerja tim seperti aktif memberi ide, membantu menyelesaikan masalah, menggunakan waktu secara efisien, serta menghargai pendapat orang lain. Skor tertinggi diperoleh pada indikator pembagian tugas yang adil (3,53 atau 88,19%) dan penghargaan terhadap kontribusi (3,31 atau 82,64%) yang menunjukkan bahwa siswa merasakan adanya distribusi peran yang seimbang dan iklim kolaboratif yang sehat dalam kelompok.

Berdasarkan hasil analisis PLS-SEM (Gambar 4.7) pada validitas konstruk menunjukkan hasil yang sangat baik. Seluruh indikator memiliki nilai di atas 0,70 bahkan beberapa di antaranya mencapai lebih dari 0,90. Indikator aktif (0,924), fleksibel (0,911), adil (0,934), menghargai (0,863), dan keterlibatan (0,780) semuanya dinyatakan valid. Hal ini menunjukkan bahwa konstruk kolaborasi diukur dengan sangat kuat oleh indikator-indikator tersebut. Nilai *outer loading* yang tinggi pada indikator aktif dan adil mencerminkan bahwa partisipasi aktif siswa dalam kelompok serta

pembagian tugas yang merata merupakan aspek utama dalam membentuk kemampuan kolaborasi. Nilai *outer loading* yang tinggi pada indikator fleksibel dan menghargai mengindikasikan bahwa kemampuan beradaptasi dengan dinamika kelompok dan sikap saling menghargai berperan penting dalam membangun kerja sama yang efektif.

Hasil uji hipotesis terhadap kemampuan kolaborasi menunjukkan nilai signifikansinya adalah $0,000 < 0,05$ yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan dari model pembelajaran *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi siswa. Hasil hipotesis dapat dinyatakan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti penerapan model *Project-STEM Based Learning* berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan kolaborasi siswa dibandingkan pembelajaran konvensional.

Hasil analisis PLS-SEM menunjukkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* memiliki hubungan yang positif dan signifikan terhadap kemampuan komunikasi siswa. Hal ini dibuktikan dengan nilai *t-statistic* sebesar $2,227 > 1,96$ dan *p-value* sebesar $0,026 < 0,05$ yang mengidentifikasi bahwa hubungan antar dua variabel bersifat signifikan. Hasil analisis koefisien determinan (*R Square*) dengan nilai sebesar 0,131 yang menunjukkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* berpengaruh sebesar 13,1% terhadap variasi kemampuan kolaborasi siswa sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Berdasarkan pelaksanaan enam pertemuan pembelajaran, hasil observasi, penilaian sejawat, dan uji statistik dapat disimpulkan bahwa

model *Project-STEM Based Learning* memiliki pengaruh signifikan dalam meningkatkan kemampuan kolaborasi siswa. Setiap komponen dalam STEM yaitu *Science* dalam eksplorasi dan pengamatan, *Technology* dalam pemanfaatan alat dan media, *Engineering* dalam perancangan dan pengembangan proyek, serta *Mathematics* dalam perhitungan dan analisis berintegrasi secara aktif dan kolaboratif dalam proses belajar. Model ini tidak hanya membentuk siswa yang kompeten secara akademik, tetapi juga membekali siswa dengan keterampilan sosial, komunikasi tim, dan kerja sama yang sangat dibutuhkan dalam dunia abad ke-21

C. Deskripsi Kemampuan Komunikasi

Model pembelajaran *Project-STEM Based Learning* terbukti mampu menciptakan ruang ekspresi yang luas bagi siswa dalam mengembangkan kemampuan komunikasi. Sejak tahap awal pembelajaran yaitu pada sesi identifikasi masalah dan penyelidikan, siswa didorong untuk menyampaikan ide dan pendapat secara terbuka melalui pertanyaan pemantik yang diajukan oleh guru. Aktivitas seperti diskusi kelas dan kelompok memberi kesempatan bagi setiap siswa untuk mengutarakan pandangannya, mendengarkan tanggapan dari teman, serta menyusun penjelasan secara runtut. Proses ini secara langsung mengasah keterampilan berbicara yang jelas, sistematis, dan berbasis pada penalaran logis yang berkembang dari pengalaman langsung siswa dalam mengamati perubahan energi sebuah pendekatan yang secara langsung terkait dengan komponen *Science* dalam STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*).

Kemampuan komunikasi siswa semakin terlihat pada tahap perencanaan proyek yaitu ketika siswa mendiskusikan solusi terhadap isu krisis energi yang disampaikan guru. Siswa menggunakan pemahaman konsep ilmiah dan matematis untuk merancang solusi yang relevan dan realistis seperti menghitung efisiensi bahan atau menentukan jenis energi alternatif dalam proses ini. Siswa tidak hanya menyampaikan ide, tetapi juga bernegosiasi untuk memilih solusi terbaik dalam kelompok. Hasil diskusi tersebut dituangkan dalam bentuk tertulis melalui sketsa, rancangan kerja, serta strategi pelaksanaan proyek. Hal ini mencerminkan integrasi *Engineering* dalam bentuk desain solusi dan *Mathematics* dalam penyusunan langkah-langkah dan perhitungan teknis yang menuntut komunikasi tertulis yang terstruktur dan logis walaupun dalam beberapa hal siswa cukup kesulitan dalam proses ini.

Interaksi dalam kelompok memberikan ruang yang kaya bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan mendengarkan aktif. Siswa dihadapkan pada situasi yang mengharuskan mereka menyimak dengan seksama, baik saat menerima instruksi dari guru maupun saat rekan satu kelompok menyampaikan gagasan teknis seperti pemilihan material yang tepat atau simulasi penggunaan alat dalam tahapan pembelajaran. Kemampuan mendengarkan ini sangat dibutuhkan dalam kerja kolaboratif STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) karena banyak keputusan berbasis data atau eksperimen yang memerlukan pertimbangan dan konsensus bersama. Pada sesi presentasi dan refleksi, siswa juga

menunjukkan keterampilan ini dengan mengajukan pertanyaan dan tanggapan yang relevan terhadap penjelasan kelompok lain mencerminkan proses mendengar yang kritis dan berbasis pada informasi ilmiah yang dikomunikasikan dengan baik.

Komunikasi siswa berkembang dalam berbagai bentuk dan tujuan selama pelaksanaan pembelajaran. Siswa menggunakan komunikasi untuk merundingkan tugas, menyampaikan kebutuhan alat dan bahan, hingga menyelesaikan konflik kecil yang muncul selama proses kerja dalam tahap pelaksanaan proyek. Saat mempraktikkan *Engineering* dalam bentuk perakitan alat (seperti panel surya mini atau sirkuit listrik dengan LED) komunikasi teknis menjadi sangat penting. Siswa dalam presentase juga dapat menyampaikan data hasil pengamatan, prosedur eksperimen, dan evaluasi keberhasilan proyek dengan cara yang baik walaupun penjelasannya tidak sepenuhnya disampaikan dengan efektif. Refleksi yang dilakukan diakhir sesi memperkuat penggunaan komunikasi sebagai sarana evaluatif dan argumentatif terutama ketika siswa harus menjelaskan kegagalan eksperimen dan alasan memilih modifikasi teknis tertentu misalnya mengganti garam dengan baterai sebagai sumber energi.

Pemanfaatan teknologi menjadi bagian integral dalam pembelajaran ini. Siswa memanfaatkan internet sebagai sumber informasi dalam eksplorasi krisis energi, mencari referensi desain proyek, serta mengakses gambar atau tutorial pembuatan alat. Siswa kelas V pada fase ini memiliki tingkat kemampuan pemanfaatan teknologi yang rendah. Hal ini dapat

dilihat dalam beberapa situasi dimana siswa harus dibantu oleh guru. Penggunaan alat sebagai media visual seperti kipas bertenaga surya atau lampu LED dan pemanfaatan contoh pembuatan poster menunjukkan bahwa komunikasi siswa tidak hanya dilakukan secara lisan dan tulisan, tetapi juga melalui bentuk visual sederhana. Ini memperkaya kemampuan komunikasi visual dan membantu siswa menyampaikan pesan secara lebih menarik dan mudah dipahami oleh audiens.

Kerja kelompok yang dirancang secara heterogen sejak awal juga berperan penting dalam melatih komunikasi interpersonal siswa. Setiap anggota memegang peran berbeda termasuk yang berhubungan langsung dengan unsur STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) seperti pencatat data eksperimen, penggambar desain proyek, atau teknisi uji coba alat. Koordinasi dan pertukaran informasi di antara peran-peran ini menuntut komunikasi yang dinamis, demokratis, dan terstruktur. Aktivitas seperti evaluasi proyek dan perbaikan teknis juga memperkuat kemampuan komunikasi dalam menyampaikan kritik konstruktif dan menerima masukan secara bijaksana. Berikut adalah hasil data observasi kemampuan komunikasi siswa yang terdapat pada tabel 4.2.

Tabel 4.3 Hasil Observasi Kemampuan Komunikasi

Kelas	Mean	N	Nilai Min.	Nilai Maks.
Kontrol	61.52	35	54	67
Eksperimen	88.61	36	83	92

Berdasarkan hasil observasi kemampuan komunikasi siswa kelas eksperimen memperoleh skor rata-rata 88,61 jauh lebih tinggi dari kelas

kontrol yang hanya mencapai 61,52. Setiap aspek yang berdasarkan kemampuan komunikasi yang dapat dilihat pada lampiran 4.2 menjelaskan hasil observasi yang lebih rinci pada setiap indikator kejelasan menyampaikan ide, mendengarkan aktif, penggunaan media, dan diskusi tim menunjukkan capaian yang lebih tinggi secara konsisten pada kelas yang menggunakan model pembelajaran *Project-STEM Based Learning*. Data pada lampiran 4.3 hasil sesi presentasi proyek juga menunjukkan bahwa siswa pada kelas eksperimen menampilkan kemampuan komunikasi yang sangat baik dengan rata-rata skor 3,59 (89,86%).

Berdasarkan hasil analisis PLS-SEM pada validitas konstruk menunjukkan bahwa sebagian besar indikator juga memenuhi kriteria validitas. Indikator kejelasan (0,803), mendengarkan (0,730), dan komunikasi (0,724) menunjukkan nilai yang tinggi, mengindikasikan bahwa siswa telah mampu menyampaikan ide secara jelas, mendengarkan secara aktif, dan berpartisipasi dalam proses pertukaran informasi. Terdapat dua indikator lain yaitu teknologi (0,695) dan efektivitas (0,672), menunjukkan nilai di bawah 0,70. Indikator teknologi yang relatif rendah mencerminkan bahwa penggunaan teknologi sebagai media komunikasi ilmiah belum maksimal di kalangan siswa karna rendahnya literasi digital dan pengalaman siswa dalam memanfaatkan teknologi pembelajaran sedangkan nilai pada indikator efektivitas dapat disebabkan oleh kurangnya pengalaman berbicara di depan umum dan kecenderungan siswa untuk menyampaikan pesan secara deskriptif dan belum terstruktur. Rendahnya

nilai kedua indikator tersebut masih dapat dipertahankan dalam model karena signifikan secara statistik dan memiliki kontribusi konseptual yang penting terhadap pembentukan kemampuan komunikasi.

Hasil uji hipotesis juga menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara kemampuan komunikasi siswa kelas kontrol dan eksperimen. Kemampuan komunikasi siswa pada kelas eksperimen menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ yang berarti H_0 ditolak dan H_a diterima. Dengan demikian, penerapan model *Project-STEM Based Learning* berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan komunikasi siswa dibandingkan pembelajaran konvensional.

Hasil analisis PLS-SEM menunjukkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* memiliki hubungan yang positif dan signifikan terhadap kemampuan komunikasi siswa. Hal ini dibuktikan dengan nilai *t-statistic* sebesar $2,227 > 1,96$ dan *p-value* sebesar $0,026 < 0,05$ yang mengidentifikasi bahwa hubungan antar dua variabel bersifat signifikan. Hasil analisis koefisien determinan (*R Square*) menjelaskan bahwa penerapan model *Project-STEM Based Learning* mampu menunjukkan 10,8% varian kemampuan komunikasi siswa, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor diluar model. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Project-STEM Based Learning* mampu memberikan pengaruh yang nyata dalam peningkatan kemampuan komunikasi walaupun kontribusinya tergolong sedang.

D. Analisis Data

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data dari masing-masing kelompok terdistribusi secara normal⁷⁸. Uji ini juga menjadi prasyarat sebelum melakukan uji hipotesis dan PLS-SEM. Pengujian menggunakan *software SPSS* dengan melihat nilai signifikansi *Shapiro-Wilk* karena data sampel kurang dari 100. Hasil uji normalitas sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Uji Normalitas

Variabel	Kelas	N	Sig.	Kriteria	Kesimpulan
Kolaborasi	Kontrol	35	0.797	Sig > 0.05	Normal
	Eksperimen	36	0.693	Sig > 0.05	Normal
Komunikasi	Kontrol	35	0.297	Sig > 0.05	Normal
	Eksperimen	36	0.147	Sig > 0.05	Normal

Seluruh nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 sehingga data berdistribusi normal dan dapat digunakan uji statistik parametrik untuk menguji hipotesis.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah data kemampuan kolaborasi dan komunikasi pada kedua kelompok (eksperimen dan kontrol) memiliki varians yang sama. Pengujian ini penting dilakukan sebelum uji hipotesis untuk memastikan bahwa kedua

⁷⁸ Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D* (Alfabeta, 2019).

kelompok memiliki karakteristik yang sebanding dari segi penyebaran data⁷⁹. Hasil uji homogenitas menunjukkan nilai signifikansi pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Hasil Uji Homogenitas

Variabel	Nilai Signifikansi	Kriteria	Kesimpulan
Kolaborasi	0.898	Sig > 0.05	Homogen
Komunikasi	0.011	Sig > 0.05	Heterogen

Berdasarkan hasil uji homogenitas variabel kemampuan kolaborasi menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,898 > 0,05$ yang berarti varians data pada variabel tersebut bersifat homogen dan variabel kemampuan komunikasi memiliki nilai signifikansi sebesar $0,011 < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data pada variabel tersebut bersifat tidak homogen (heterogen). Data kemampuan kolaborasi memenuhi asumsi sedangkan data kemampuan komunikasi tidak memenuhi asumsi homogenitas tersebut.

3. Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen yang mendapatkan perlakuan *Project-STEM Based Learning* dengan kelompok kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional. Uji dilakukan menggunakan uji *Independent Samples t-test* dengan melihat *Equal*

⁷⁹ Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D* (Alfabeta, 2019).

variances not assumed dikarenakan salah satu variable heterogen. Hasil uji-t untuk hipotesis disajikan dalam tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Hasil Uji *Independent Samples t-test*

Variabel	N	Mean	Std. Deviation	t	Sig.	Ket.
Kolaborasi	36	68.92	4.101	68.954	0.000	Signifikan ($p < 0.05$)
Komunikasi	36	53.92	1.185	27.264	0.000	Signifikan ($p < 0.05$)

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai sig untuk kemampuan kolaborasi sebesar 0,000 nilai sig untuk kemampuan komunikasi sebesar 0,000 dan karena keduanya $< 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol yang artinya penerapan model *Project-STEM Based Learning* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa serta tidak terdapat perbedaan pengaruh antara keduanya sehingga semua hipotesis dalam penelitian ini diterima.

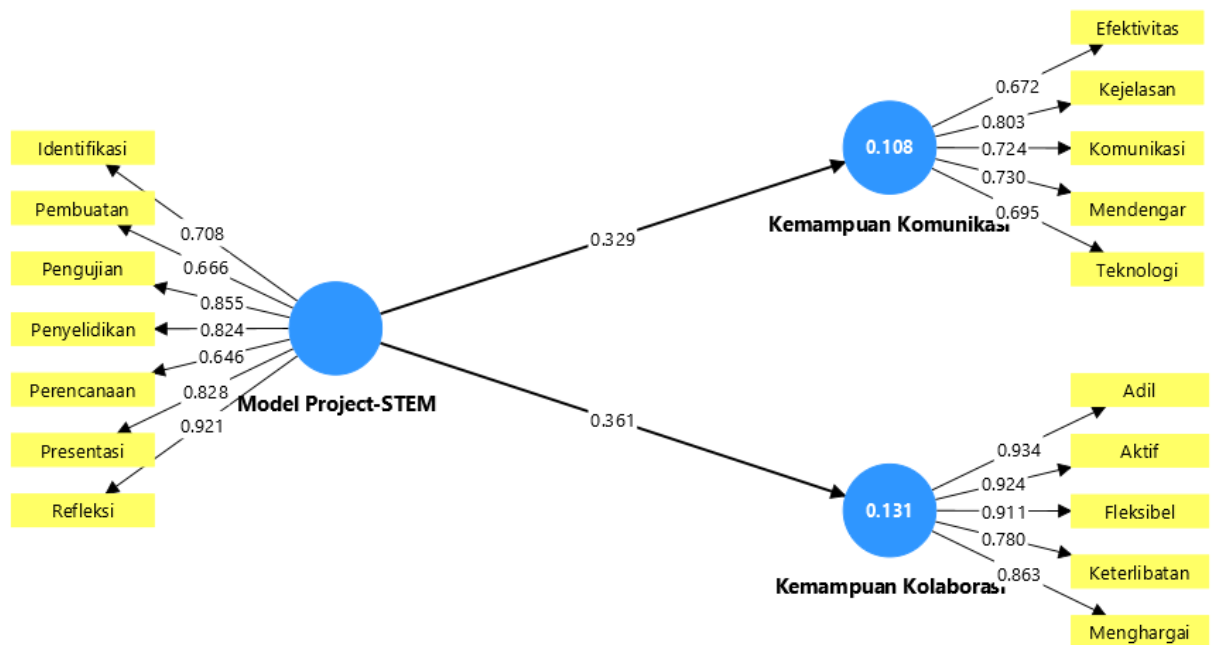
4. Analisis PLS-SEM (*Partial Least Squares-Structural Equation Modeling*)

a. Evaluasi Model Pengukuran (*Outer Model*)

1) Uji Validitas Konvergen

Validitas konvergen menunjukkan sejauh mana indikator-indikator suatu konstruk memiliki hubungan yang tinggi satu sama lain. Uji ini dilakukan melalui:

a) *Outer Loading* diman indikator dinyatakan valid jika nilai *outer loading* $> 0,7^{80}$. *Output PLS-SEM* untuk *outer loding* dapat dilihat pada gambar 4.7 dan table 4.6



Gambar 4.7 Grafik Algoritme PLS-SEM

Tabel 4.6 Hasil *Outer Loading*

Variabel	Indikator	Outer Loding	Kesimpulan
Model Project-STEM	Identifikasi	0.708	Valid
	Penyelidikan	0.828	Valid
	Perancangan	0.646	Tidak Valid
	Pembuatan	0.666	Tidak Valid
	Pengujian	0.855	Valid
	Presentasi	0.828	Valid
	Refleksi	0.921	Valid
Kemampuan Kolaborasi	Aktif	0.924	Valid
	Fleksibel	0.911	Valid
	Adil	0.934	Valid
	Menghargai	0.863	Valid
	Keterlibatan	0.780	Valid
	Kejelasan	0.803	Valid

⁸⁰ Hair et al., *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R*.

Kemampuan Komunikasi	Mendengar	0.730	Valid
	Komunikasi	0.724	Valid
	Teknologi	0.695	Tidak Valid
	Efektivitas	0.672	Tidak Valid

Berdasarkan hasil *outer loading* konstruk pada setiap indikator lebih besar dari 0,7 maka dapat disimpulkan bahwa semua konstruk memiliki data yang valid sedangkan 4 indikator yang lebih kecil dari 0,7 dinyatakan tidak valid.

b) *Average Variance Extracted* (AVE) dimana konstruk dinyatakan memiliki validitas konvergen yang tinggi jika nilai $AVE > 0,5$. Berikut ini nilai Adalah nilai uji validitas yang dilihat berdasarkan nilai AVE pada table dibawah ini.

Tabel 4.8 Hasil *Average Variance Extracted* (AVE)

Variabel	AVE	Kesimpulan
Model Project-STEM	0.615	Valid
Kemampuan Kolaborasi	0.782	Valid
Kemampuan Komunikasi	0.527	Valid

Berdasarkan table 4.7 memberikan nilai AVE diatas 0,5 untuk semua variabel. Jadi dapat disimpulkan semua variabel memiliki nilai AVE yang tinggi.

2) Uji Reliabilitas Konstruk

Reliabilitas konstruk menunjukkan konsistensi internal dari indikator-indikator pembentuk konstruk. Pengujian reliabilitas dilakukan melalui:

a) *Composite Reliability* (CR) dan *Cronbach's Alpha* (CA)

dimana konstruk reliabel jika CR dan CA > 0,7.

Tabel 4.9 Hasil

Composite Reliability (CR) & Cronbach's Alpha (CA)

Variabel	CR	CA	Kesimpulan
Model Project-STEM	0.947	0.947	Reliabel
Kemampuan Kolaborasi	0.947	0.947	Reliabel
Kemampuan Komunikasi	0.947	0.947	Reliabel

Berdasarkan hasil pengujian reliabilitas konstruk melalui *Composite Reliability* (CR) dan *Cronbach's Alpha* (CA) diperoleh nilai CR dan CA untuk semua variabel sebesar 0,947 lebih besar dari 0,70. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh indikator dalam setiap konstruk memiliki konsistensi internal yang sangat tinggi sehingga dapat dipercaya dalam mengukur konstruk selanjutnya. Nilai reliabilitas yang tinggi ini menandakan bahwa instrumen penelitian relatif bebas dari kesalahan pengukuran.

b. Evaluasi Model Struktural (*Inner Model*)

Model struktural bertujuan untuk menguji hubungan antar konstruk laten dalam model penelitian. Evaluasi inner model mencakup langkah-langkah berikut:

1) Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi atau *R-Square* (R^2) merupakan salah satu ukuran utama dalam analisis model struktural (*inner model*) PLS-SEM. Nilai ini menunjukkan seberapa besar variabel endogen (tergantung) dapat dijelaskan oleh variabel eksogen (bebas) dalam model penelitian. Semakin tinggi nilai R^2 , semakin besar proporsi variasi variabel endogen yang dapat dijelaskan oleh konstruk eksogen yang memengaruhinya. Berikut hasil uji koefisien determinasi (R^2):

Tabel 4.10 Hasil Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Variabel	<i>R Square</i>	<i>Adjusted R Square</i>	Interpretasi	
Kolaborasi	0,131	0,105	13,1% variasi kemampuan kolaborasi dipengaruhi oleh pembelajaran <i>Project-STEM Based Learning</i> .	
Komunikasi	0,108	0,082	10,8% variasi kemampuan komunikasi dipengaruhi oleh pembelajaran <i>Project-STEM Based Learning</i> .	

2) Uji Signifikansi Jalur (*Path Coefficient*)

Uji ini dilakukan melalui metode *bootstrapping* untuk menguji signifikansi hubungan antar konstruk. Hubungan dinyatakan signifikan jika nilai *t-statistic* $> 1,96$ ($\alpha = 0,05$) atau

$p\text{-value} < 0,05$. Hasil dapat *Path Coefficient* dilihat pada gambar 4.8 dan lebih lengkap terdapat pada lampiran 4.7 dan disimpulkan pada table 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Uji Signifikansi Jalur (*Path Coefficient*)

Hubungan	<i>t statistic</i>	<i>p value</i>	Keterangan
Project-STEM → Kolaborasi	2.259	0.024	Signifikan
Project-STEM → Komunikasi	2.227	0.026	Signifikan

Hasil pengujian *Path Coefficient* menunjukkan model *Project-STEM Based Learning* berpengaruh positif dan signifikan terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa. Nilai *t-statistic* untuk hubungan Model *Project-STEM Based Learning* pada kemampuan kolaborasi sebesar 2.259 ($p = 0.024$) dan untuk hubungan Model *Project-STEM Based Learning* pada kemampuan komunikasi sebesar 2.227 ($p = 0.026$) karena nilai *t-statistic* lebih besar dari 1,96 dan *p-value* lebih kecil dari 0,05.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan model *Project-STEM Based Learning* secara signifikan dapat meningkatkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa. Proses pembelajaran berbasis proyek yang terstruktur melalui tahapan identifikasi masalah, perencanaan, pelaksanaan, pengujian, presentasi, dan refleksi memberi ruang bagi siswa untuk berinteraksi, bertukar gagasan, menyampaikan pendapat, serta bekerja sama dalam tim.

BAB V

PEMBAHASAN

A. Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning* Terhadap Kemampuan Kolaborasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada Materi Perubahan Energi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model *Project-STEM Based Learning* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan kolaborasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki. Berdasarkan uji-t diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,024 ($p < 0,05$) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dalam hal kemampuan kolaborasi. Rata-rata skor kemampuan kolaborasi siswa pada kelompok eksperimen mencapai 88,5 sedangkan kelompok kontrol hanya memperoleh 59,1. Analisis SEM juga menunjukkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* memiliki koefisien pengaruh 0,361 terhadap kemampuan kolaborasi, dengan R^2 sebesar 0,131 yang berarti 13,1% variasi kemampuan kolaborasi siswa dijelaskan oleh model ini. Penelitian ini mengindikasikan bahwa setiap tahapan dalam model pembelajaran yang berbasis proyek dan terintegrasi dengan elemen STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) secara nyata memfasilitasi perkembangan aspek kolaboratif siswa.

Tahap awal model *Project-STEM Based Learning* mencakup identifikasi masalah. Siswa pada tahap ini diarahkan untuk membentuk

kelompok yang heterogen dan mendiskusikan pengamatan awal terkait fenomena perubahan energi. Aktivitas ini mendorong terbentuknya kerja sama aktif dalam tim karena sejak awal siswa dilatih untuk berbagi informasi, mendengarkan satu sama lain, dan merumuskan permasalahan bersama. Menurut Rofiudin pembelajaran kolaboratif dapat meningkatkan kemampuan komunikasi, kerja sama tim, dan pemecahan masalah siswa sedangkan menurut Sartika menyatakan bahwa pelatihan mengintensifkan tim kerjasama pada siswa meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan tugas bersama dan mengatasi konflik secara mufakat⁸¹

Tahap mengidentifikasi masalah ini memuat komponen *Science* dalam pengamatan dan pengenalan konsep energi menciptakan konteks diskusi ilmiah yang merangsang interaksi dan keterlibatan antar anggota kelompok. Susilawati menyatakan bahwa diskusi ilmiah memicu sifat interaktif dan mendukung eksplorasi konten serta pengembangan keterampilan argumentasi siswa⁸². Menurut Sari dalam pembelajaran yang berani, interaksi siswa pada aktivitas diskusi kelompok melibatkan pertukaran pengetahuan dan tindakan dengan pola interaksi yang kompleks

⁸¹ Didi Sartika and Ayu Rahma Nengsi, "Membangun Skill Kerjasama Tim Pada Mahasiswa Dalam Manajemen Kelompok Demi Peningkatan Efektifitas Tim Mencapai Tujuan," *Jurnal Sosial Humaniora Sigli* 5, no. 2 (2022): 142–49, <https://doi.org/10.47647/jsh.v5i2.927>; Amir Rofiudin et al., "Pembelajaran Kolaboratif Di SMK: Peran Kerja Sama Siswa Dalam Meningkatkan Keterampilan Soft Skills," *Journal of Education Research* 5, no. 4 (2024): 4444–55, <https://doi.org/10.37985/jer.v5i4.672>.

⁸² Susilawati Susilawati, "Eksplorasi Konten, Keterampilan Argumentasi, Diskusi Ilmiah Dan Interaksi Keterampilannya Dengan Pengetahuan Konseptual Induksi Magnetik," *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika* 11, no. 1 (2020): 69–74, <https://doi.org/10.26877/jp2f.v11i1.4349>.

dan sederhana⁸³. Bimbingan kelompok dengan teknik diskusi terbukti dapat meningkatkan kemampuan interaksi sosial dan kerja sama yang efektif⁸⁴. Menurut Johnson & Johnson kerja sama yang efektif terbentuk ketika semua anggota memiliki tanggung jawab yang saling bergantung dalam mencapai tujuan bersama sebagaimana tercermin dalam tahap awal pembelajaran ini⁸⁵.

Tahapan eksplorasi dan penyelidikan, siswa melakukan pengamatan terhadap perubahan energi di lingkungan sekitar. Siswa menyusun strategi pengumpulan data, membagi peran untuk melakukan observasi, dan berdiskusi tentang hasil temuan. Indikator kolaborasi terlihat disini yaitu indikator fleksibilitas dalam berdiskusi dan menyelesaikan masalah karena pada tahap ini siswa dihadapkan pada perbedaan sudut pandang, variasi strategi, dan keterbatasan waktu. Komponen *Science* dan *Mathematics* muncul melalui aktivitas pengamatan dan analisis hasil pengumpulan data. Fleksibilitas yang dimaksud mencakup kemampuan siswa dalam menerima masukan, menyesuaikan ide, dan beradaptasi terhadap kondisi lapangan. Menurut Situmeang pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep dan mengoreksi kesalahpahaman

⁸³ Aulia Nadia Sari et al., “Analisis Interaksi Siswa Pada Aktivitas Diskusi Kelompok Dalam Pembelajaran Matematika Secara Daring,” *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika* 5, no. 3 (2021): 2636–51, <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i3.949>.

⁸⁴ Ayu Intan Delima and Citra Ayu Kumala Sari, “Pengaruh Bimbingan Kelompok Teknik Diskusi Terhadap Kemampuan Interaksi Sosial Remaja,” *Jurnal Al-Taujih : Bingkai Bimbingan Dan Konseling Islami* 7, no. 1 (2021): 29–37, <https://doi.org/10.15548/atj.v7i1.2450>.

⁸⁵ Johnson and Johnson, *Cooperative Learning Strategies*.

siswa⁸⁶. Hasil penelitian oleh Gillies menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan kemampuan fleksibel siswa dalam tim karena siswa dihadapkan pada dinamika interaksi nyata dan penyelesaian masalah kontekstual⁸⁷.

Tahapan perancangan dan perencanaan proyek menuntut siswa untuk menyepakati ide, membuat rancangan alat, menentukan bahan, serta membagi tugas dalam kelompok. Tampak jelas indikator pembagian tugas yang adil, di mana setiap siswa diberi tanggung jawab berdasarkan kesepakatan bersama. Komponen *Engineering* sangat dominan di tahap ini karena menuntut kreativitas teknis dan perencanaan yang terstruktur. Pembagian tugas dalam kerja kelompok harus dilakukan dengan transparan dan adil untuk membentuk landasan kolaborasi yang sehat. Sejalan dengan itu, menurut Trilling dan Fadel pembelajaran berbasis proyek menumbuhkan rasa tanggung jawab individu dan kolektif ketika siswa terlibat dalam perencanaan dan pengambilan keputusan bersama⁸⁸. Studi Susetyarini menunjukkan bahwa PjBL meningkatkan motivasi dan rasa tanggung jawab siswa dengan melibatkan diri dalam tugas proyek yang dibatasi waktu⁸⁹. Ini juga mendorong kemampuan kolaborasi dan

⁸⁶ Lamria Indriani Situmeang, "Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Dan Kreativitas Siswa SMP," *SAINTIFIK* 10, no. 2 (2024), <https://doi.org/10.31605/saintifik.v10i2.517>.

⁸⁷ Paola D'Elia et al., "Strategies for Inclusive Digital Education: Problem/Project-Based Learning, Cooperative Learning, and Service Learning for Students with Special Educational Needs," *Frontiers in Education* 9 (January 2025): 1447489, <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1447489>.

⁸⁸ B Trilling and C Fadel, *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times* (John Wiley & Sons, 2009).

⁸⁹ Rr. Eko Susetyarini et al., "Motivasi Dan Tanggung Jawab Siswa Dalam Pembelajaran Berbasis Proyek, Sebuah Penelitian Tindakan Kelas," *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA* 5, no. 1 (2019): 1–9, <https://doi.org/10.21831/jipi.v5i1.22293>.

pemecahan masalah saat siswa bekerja dalam tim untuk menghasilkan hasil yang nyata⁹⁰. Penelitian Hendikawati menunjukkan bahwa PjBL meningkatkan pemahaman siswa dan mengembangkan sifat-sifat karakter positif seperti disiplin, rasa ingin tahu, dan kerja sama⁹¹.

Tahap pembuatan proyek merupakan implementasi nyata dari hasil perencanaan. Siswa bekerja sama untuk membuat produk sesuai desain, seperti kipas mini bertenaga surya atau lampu LED dari energi kimia. Komunikasi yang terjadi bersifat langsung, teknis, dan membutuhkan koordinasi intens. Terlihat pada tahap ini indikator penghargaan terhadap kontribusi anggota karena setiap anggota berperan sesuai tugasnya dan saling membantu ketika terjadi kesulitan teknis. Komponen *Engineering* dan *Technology* menjadi pusat aktivitas ini, di mana siswa tidak hanya merakit produk, tetapi juga menghargai kerja keras teman-temannya dalam menyelesaikan bagian tugas masing-masing. Penelitian oleh Barron & Darling-Hammond menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek membentuk budaya kerja tim yang menghargai kontribusi melalui interaksi yang intens dan saling ketergantungan tugas⁹².

Tahap pengujian dan evaluasi proyek melatih siswa dalam mengoreksi hasil kerja dan memberikan solusi atas kegagalan. Kelompok-kelompok yang mengalami kesalahan teknis pada proses ini melakukan

⁹⁰ Fadhilah et al., “Kolaborasi Dan Motivasi.”

⁹¹ Putriaji Hendikawati et al., “Meningkatkan Pemahaman Dan Mengembangkan Karakter Mahasiswa Melalui Pembelajaran Kolaboratif Berbasis Proyek,” *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif* 7, no. 2 (2016): 123–30, <https://doi.org/10.15294/kreano.v7i2.4730>.

⁹² B Barron and L Darling-Hammond, “Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning,” *George Lucas Educational Foundation*, 2008.

perbaikan berdasarkan hasil diskusi dan evaluasi bersama. Aktivitas ini mencerminkan fleksibilitas dalam menyelesaikan masalah secara kolaboratif, sekaligus memperkuat kerja sama melalui pengambilan keputusan ulang. Komponen *Science* dan *Mathematics* hadir saat siswa menganalisis data hasil uji coba dan mengukur keberhasilan proyek. Sikap terbuka terhadap kesalahan dan keinginan memperbaiki secara bersama-sama menunjukkan kedewasaan dalam kolaborasi. Duschl menyatakan bahwa evaluasi berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) menumbuhkan komunikasi reflektif dan pengambilan keputusan tim yang berbasis data dan pertimbangan logis⁹³.

Tahap presentasi proyek mendorong siswa untuk menyampaikan hasil kerja kelompok menggunakan media visual seperti poster. Seluruh anggota kelompok pada tahap ini telah memilih peran sesuai kesepakatan, mulai dari pembicara, penjawab pertanyaan, hingga pengatur media. Kolaborasi di tahap ini terlihat dari koordinasi penyusunan materi dan kesiapan tampil secara tim. Aktivitas ini menunjukkan sinergi antara komponen *Technology* dan komunikasi tim, sekaligus memperkuat indikator keterlibatan semua anggota dalam kegiatan tim. Menurut Saavedra & Opfer kemampuan kolaborasi modern menuntut partisipasi aktif semua anggota dalam merancang, menyampaikan, dan mengevaluasi hasil kerja kolektif⁹⁴.

⁹³ Duschl et al., *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*.

⁹⁴ A. R. Saavedra and V. D. Opfer, *Teaching and Learning 21st Century Skills: Lessons from the Learning Sciences* (RAND Corporation., 2012).

Tahapan terakhir yaitu refleksi, memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan penilaian terhadap proses kerja kelompok dan memberikan umpan balik. Siswa mengevaluasi kekuatan dan kelemahan kerja tim kelompok, serta mengajukan saran untuk perbaikan di masa depan. Aktivitas ini mengembangkan indikator keterlibatan dalam refleksi dan evaluasi tim untuk meningkatkan efektivitas kerja sama sebagaimana ditekankan dalam *Framework for 21st Century Learning*. Komponen *Science* dan *Engineering* hadir dalam bentuk pemikiran logis dan penilaian berbasis proses. Hasil penelitian Balgopal & Wallace menunjukkan bahwa refleksi dalam pembelajaran berbasis proyek mendorong pengembangan aspek afektif dalam kolaborasi seperti empati, tanggung jawab, dan penghargaan terhadap kontribusi tim⁹⁵.

Seluruh tahapan dalam *Project-STEM Based Learning* secara sistematis membentuk dan memperkuat kemampuan kolaborasi siswa melalui aktivitas yang menyatu dengan komponen STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*). Kerja sama aktif, fleksibilitas, pembagian tugas yang adil, penghargaan terhadap kontribusi, serta refleksi tim, semuanya dilatihkan melalui pengalaman langsung yang menuntut keterlibatan penuh dalam pemecahan masalah nyata. Model ini tidak hanya meningkatkan pemahaman akademik siswa, tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial yang penting untuk keberhasilan di dunia modern.

⁹⁵ Balgopal and Wallace, "Writing-to-Learn, Writing-to-Communicate, & Scientific Literacy."

B. Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning* Terhadap Kemampuan Komunikasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada Materi Perubahan Energi

Model *Project-STEM Based Learning* terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan komunikasi siswa pada materi perubahan energi kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki. Berdasarkan hasil uji-t yang menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 dengan nilai t sebesar 27,264 dengan rata-rata skor observasi kemampuan komunikasi pada kelompok eksperimen sebesar 88,61 jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yaitu 61,52. Selain itu, hasil analisis PLS-SEM menunjukkan pengaruh langsung model pembelajaran terhadap kemampuan komunikasi dengan nilai t sebesar 2,227 dan p-value sebesar 0,026 serta nilai R^2 sebesar 0,108 yang menunjukkan bahwa 10,8% varian kemampuan komunikasi dapat dijelaskan oleh model *Project-STEM Based Learning* sedangkan sisanya dipengaruhi faktor lain.

Keberhasilan ini tidak terlepas dari tahapan pembelajaran yang dirancang secara terstruktur dan integratif dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) yang mengaktifkan berbagai aspek komunikasi siswa sebagaimana dirumuskan dalam *Framework for 21st Century Learning (P21)* meliputi kejelasan dalam menyampaikan ide dan solusi, kemampuan mendengarkan aktif,

penggunaan komunikasi untuk berbagai tujuan, pemanfaatan teknologi, dan efektivitas komunikasi dalam tim⁹⁶.

Tahapan identifikasi masalah yang merupakan fase awal dalam model *Project-STEM Based Learning*, siswa diajak melakukan pengamatan dan merespons fenomena yang berkaitan dengan perubahan energi. Kegiatan ini mengintegrasikan unsur *Science*, di mana siswa mengamati dan menjelaskan perubahan energi dari aktivitas sederhana, seperti menggosokkan tangan. Siswa diberi ruang untuk menyampaikan ide awal dan menjawab pertanyaan pemantik dari guru melalui diskusi kelas. Aktivitas ini secara langsung melatih indikator komunikasi berupa kejelasan dalam menyampaikan ide dan solusi karena siswa diminta untuk menjelaskan pendapat berdasarkan pengamatan empiris. Sebagaimana ditegaskan oleh Binkley bahwa pembelajaran berbasis pengamatan melatih siswa menyampaikan penalaran secara lisan dengan bahasa yang runtut dan logis⁹⁷.

Tahapan selanjutnya adalah eksplorasi dan penyelidikan, di mana siswa mengkaji bentuk dan perubahan energi di lingkungan sekitar. Tahap ini memuat komponen *Science* dan *Mathematics* berperan dalam mendorong siswa melakukan pengukuran, pengelompokan, serta analisis terhadap data lapangan. Proses kerja kelompok dalam melakukan eksplorasi menumbuhkan indikator kemampuan mendengarkan aktif karena siswa

⁹⁶ Partnership for 21st Century Learning, *Framework for 21st Century Learning Definitions*.

⁹⁷ Marilyn Binkley et al., "Defining Twenty-First Century Skills," in *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, ed. Patrick Griffin et al. (Springer Netherlands, 2012), https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2.

harus memperhatikan ide dan temuan teman satu kelompok sebelum membuat kesimpulan bersama. Menurut hasil penelitian Wibowo dalam kegiatan eksplorasi lapangan dalam model pembelajaran berbasis proyek meningkatkan kualitas komunikasi dua arah antara siswa termasuk dalam bentuk mendengarkan dengan saksama. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek menghasilkan peningkatan partisipasi siswa dengan lebih banyak siswa yang aktif mendengarkan, mengajukan pertanyaan, menyampaikan pendapat, dan berkolaborasi dalam kerja kelompok⁹⁸.

Tahap perancangan dan perencanaan proyek mendorong siswa untuk mulai menyusun solusi terhadap isu krisis energi. Siswa merancang produk dengan menggambar skema, menentukan bahan, serta membagi tugas kerja. Tahap ini menekankan aspek *Engineering* dari STEM. Siswa pada tahap ini cukup kesulitan karna kemampuan berpikir dan diskusi tingkat tinggi seperti menganalisis dan mengevaluasi untuk menentukan perancangan yang tepat. Kondisi ini dapat dijelaskan melalui teori perkembangan kognitif Jean Piaget yang menyatakan bahwa siswa sekolah dasar berada pada tahap operasional konkret dimana kemampuan berpikir siswa masih terbatas pada situasi nyata dan pengalaman langsung⁹⁹.

⁹⁸ Riani Puji Utami, "Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) Dalam Meningkatkan Keaktifan Siswa," *Jurnal Bimbingan Dan Konseling Pandohop* 2, no. 1 (2022): 9–15, <https://doi.org/10.37304/pandohop.v2i1.4308>; Mutiara Khairani et al., "Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Keaktifan Belajar Siswa Pada Materi IPAS," *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)* 4, no. 4 (2024): 1765–76, <https://doi.org/10.53299/jppi.v4i4.814>.

⁹⁹ Leny Marinda, "Teori Perkembangan Kognitif Jean Piaget dan Problematikanya pada Anak Usia Sekolah Dasar," *An-Nisa Jurnal Kajian Perempuan dan Keislaman* 13, no. 1 (2020): 116–52, <https://doi.org/10.35719/annisa.v13i1.26>.

Pernyataan ini sejalan dengan hasil penelitian Bell dan Capraro yang menemukan bahwa siswa sekolah dasar sering mengalami kesulitan dalam tahapan *engineering design* karena keterbatasan kemampuan berpikir abstrak¹⁰⁰. Bybee juga menyatakan bahwa keterampilan perancangan dan pengembangan solusi kompleks biasanya berkembang secara optimal pada jenjang pendidikan menengah ke atas, bukan di tingkat dasar¹⁰¹. Walaupun demikian diskusi yang berlangsung saat menyusun rancangan mendorong siswa menggunakan komunikasi secara fungsional dan strategis. Strategi ini membantu siswa mencapai kesepakatan dan menyusun rancangan secara efektif dimana siswa belajar menghargai pendapat orang lain, beradaptasi dengan gaya komunikasi teman, dan mengelola konflik secara konstruktif¹⁰². Ini berkaitan langsung dengan indikator penggunaan komunikasi untuk berbagai tujuan, seperti menjelaskan ide, menyampaikan keberatan, menyepakati peran, dan menyusun strategi penyelesaian tugas¹⁰³. Trilling dan Fadel menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek melatih siswa menggunakan bahasa dalam konteks kolaboratif, teknis, dan solutif, sebagaimana terlihat dalam aktivitas perencanaan ini¹⁰⁴.

¹⁰⁰ Bell, "Project-Based Learning for the 21st Century"; Capraro, *STEM Project-Based Learning*.

¹⁰¹ Bybee, *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*.

¹⁰² Aqil Ulil Abror et al., "Membangun Karakter Siswa: Peran Metode Pembelajaran Diskusi Dalam Pendidikan," *Jurnal Ilmiah Research Student* 2, no. 1 (2025): 155–64, <https://doi.org/10.61722/jirs.v2i1.3634>.

¹⁰³ Ujang Ruslandi et al., "Peran Metode Pembelajaran Diskusi Dalam Menciptakan Keaktifan Belajar Siswa Di MAS Tarbiyatul Islamiyah," *Katalis Pendidikan : Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Matematika* 2, no. 1 (2025): 79–90, <https://doi.org/10.62383/katalis.v2i1.1203>.

¹⁰⁴ Zaenal Abidin, "Efektivitas Pembelajaran Berbasis Masalah, Pembelajaran Berbasis Proyek Literasi, Dan Pembelajaran Inkuiri Dalam Meningkatkan Kemampuan Koneksi Matematis," *Profesi Pendidikan Dasar* 7, no. 1 (2020): 37–52, <https://doi.org/10.23917/ppd.v7i1.10736>.

Tahap pembuatan proyek menjadi momen penting dalam penerapan komponen *Engineering* dan *Technology*. Siswa mengubah ide menjadi bentuk fisik seperti kipas bertenaga surya atau lampu LED dari energi kimia. Komunikasi di tahap ini bersifat teknis dan instruksional seperti memberikan arahan dan meminta klarifikasi. Keberhasilan kerja kelompok sangat tergantung pada efektivitas komunikasi dalam tim merupakan salah satu indikator utama dari *P21 Framework*¹⁰⁵. Ketika siswa mampu menyampaikan prosedur dengan tepat dan memahami tanggapan rekan kerja, proses kolaboratif berlangsung efisien dan minim konflik. Hal ini didukung oleh penelitian Yamtinah yang membuktikan model PjBL terintegrasi pendekatan STEM meningkatkan kemampuan komunikasi tim karena siswa dituntut menyelesaikan tugas konkret secara bersama-sama¹⁰⁶. Model ini melatih siswa untuk saling berinteraksi, menghargai pendapat, dan bertanggung jawab dalam menyelesaikan masalah secara kolaboratif¹⁰⁷.

Tahap pengujian dan evaluasi proyek memberi ruang bagi siswa untuk menginterpretasikan hasil dan melakukan perbaikan. Komponen *Science* dan *Mathematics* kembali berperan karena siswa menguji alat yang telah dibuat dan mencatat keberhasilan atau kegagalan secara sistematis. Diskusi kelompok untuk memperbaiki alat mendorong siswa

¹⁰⁵ Partnership for 21st Century Learning, *Framework for 21st Century Learning Definitions*.

¹⁰⁶ Sri Yamtinah et al., "The Science Learning Material Using PjBL Model Integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approaches to Enhance Students' Communication Skills," *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)* 5, no. 1 (2020): 62, <https://doi.org/10.20961/jkpk.v5i1.39665>.

¹⁰⁷ Zaini Oktavia and Saiful Ridlo, "Critical Thinking Skills Reviewed from Communication Skills of the Primary School Students in STEM-Based Project-Based Learning Model," *Journal of Primary Education* 9, no. 3 (2020): 311–20, <https://doi.org/10.15294/jpe.v9i3.27573>.

menyampaikan analisis serta mendengarkan pendapat anggota tim yang lain¹⁰⁸. Indikator kejelasan komunikasi dan kemampuan mendengarkan aktif kembali diasah melalui interaksi reflektif dan berbasis data. Menurut Duschl evaluasi berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) melibatkan diskusi berbobot yang menekankan pemahaman, justifikasi, dan argumentasi logis¹⁰⁹.

Siswa pada tahap presetasi diminta menyampaikan hasil proyek secara lisan dengan dukungan media poster. Peran *Technology* disini menjadi dominan karena siswa harus memanfaatkan alat bantu visual untuk menjelaskan proses dan hasil proyek. Kegiatan ini sangat relevan dengan indikator pemanfaatan teknologi dalam presentasi proyek yang menurut *P21 Framework* mencakup kemampuan menggabungkan pesan verbal dan visual untuk menjangkau audiens secara efektif¹¹⁰. Berdasarkan observasi, siswa pada tahap ini menunjukkan lemahnya kepercayaan diri dan kelancaran berbicara, serta kemampuan siswa dalam menjawab pertanyaan dengan tanggapan yang logis dan ilmiah. Hal ini dikarenakan kurangnya pengalaman siswa depan umum dan kurangnya aktivitas presentasi ilmiah menyebabkan penyampaian seringkali tidak terstruktur dan kurang mendalam. Penelitian Ismail dan Wahidin menunjukkan bahwa efektivitas komunikasi merupakan aspek yang berkembang lebih lambat dibandingkan

¹⁰⁸ Aqil Ulil Abror et al., "Membangun Karakter Siswa."

¹⁰⁹ R. A Duschl et al., *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8* (Washington, D.C.: National Academies Press, 2007).

¹¹⁰ Partnership for 21st Century Learning, *Framework for 21st Century Learning Definitions*.

kemampuan berbicara secara umum¹¹¹. Friedman juga menemukan bahwa siswa sekolah dasar cenderung mengalami kesulitan dalam menyampaikan argumen ilmiah secara efektif karena minimnya pengalaman reflektif dalam proses belajar¹¹².

Tahap terakhir adalah refleksi, di mana siswa melakukan penilaian terhadap proses dan hasil proyek yang telah dilakukan. Kegiatan ini memperkuat indikator penggunaan komunikasi untuk tujuan evaluatif dan argumentatif karena siswa saling memberi masukan dan bertanya tentang alasan pemilihan proyek, kelebihan, dan potensi perbaikannya. Komponen *Science* dan *Engineering* terlihat dalam proses berpikir kritis terhadap kegagalan dan keberhasilan, sementara aspek komunikasi terasah melalui dialog terbuka dan saling menghargai pendapat. Studi oleh Balgopal dan Wallace menunjukkan bahwa sesi refleksi dalam pembelajaran proyek sangat efektif dalam mengembangkan komunikasi reflektif dan keterbukaan terhadap umpan balik¹¹³.

Berdasarkan data empiris dan teoritis dapat disimpulkan bahwa setiap tahapan dalam *Project-STEM Based Learning* secara sinergis mengaktifkan seluruh indikator kemampuan komunikasi dalam *Framework for 21st Century Learning*. Integrasi komponen STEM (*Science*,

¹¹¹ Siti Munawaroh Ismail and Wahidin Wahidin, "Komunikasi Ilmiah Siswa Sekolah Dasar Melalui Proyek Permainan STEM (Sains, Technology, Engineering, and Mathematic)," *Jurnal Basicedu* 6, no. 4 (2022): 6967–74, <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3439>.

¹¹² Greg Friedman et al., *Developing Argumentation Skills in Elementary Students*, n.d.

¹¹³ Meena Balgopal and Alison Wallace, "Writing-to-Learn, Writing-to-Communicate, & Scientific Literacy," *The American Biology Teacher* 75, no. 3 (2013): 170–75, <https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.3.5>.

Technology, Engineering, Mathematics) dalam setiap tahapan tidak hanya menguatkan aspek kognitif dan prosedural siswa, tetapi juga mendorong terbentuknya komunikasi yang fungsional, reflektif, dan kolaboratif. Model ini terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan komunikasi siswa secara menyeluruh, melalui kegiatan bermakna yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses belajar.

C. Perbedaan Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning* Terhadap Kemampuan Kolaborasi dengan Kemampuan Komunikasi Siswa Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada Materi Perubahan Energi

Hasil analisis *Partial Least Square–Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) menunjukkan bahwa *model Project-STEM Based Learning* memiliki perbedaan pengaruh signifikan terhadap kemampuan kolaborasi dan kemampuan komunikasi siswa. Berdasarkan hasil uji *Path Coefficient* hubungan antara variable model *Project-STEM Based Learning* dan kemampuan kolaborasi memperoleh nilai *t-statistic* sebesar 2,259 dengan *p-value* 0,024 sedangkan hubungan dengan kemampuan komunikasi memperoleh nilai *t-statistic* sebesar 2,227 dengan *p-value* 0,026. Hal ini membuktikan bahwa penerapan model *Project-STEM Based Learning* mampu meningkatkan kemampuan kolaborasi dan kemampuan komunikasi siswa serta terdapat perbedaan pengaruh hubungan antara keduanya.

Hasil uji koefisien determinasi (R^2) menunjukkan bahwa nilai R^2 untuk kemampuan kolaborasi sebesar 0,131 dan R^2 untuk kemampuan

komunikasi sebesar 0,108 yang berarti 13,1% variasi kemampuan kolaborasi dan 10,8% variasi kemampuan komunikasi dijelaskan oleh penerapan model pembelajaran *Project-STEM Based Learning* sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar model. Berdasarkan kriteria yang dikemukakan oleh Hair nilai R^2 antara 0,10–0,30 tergolong moderat sehingga kontribusi model terhadap peningkatan kedua kemampuan tergolong cukup kuat dan bermakna¹¹⁴. Nilai R^2 yang lebih tinggi pada kemampuan kolaborasi menunjukkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* lebih berpengaruh dalam meningkatkan kolaborasi dibandingkan komunikasi siswa.

Perbedaan pengaruh hunungan ini juga tercermin dalam hasil analisis *outer loading*. Seluruh indikator pada variabel kemampuan kolaborasi menunjukkan nilai di atas 0,78 bahkan sebagian besar melebihi 0,90 yaitu aktif (0,924), adil (0,934), fleksibel (0,911), menghargai (0,863), dan keterlibatan (0,780). Nilai-nilai tersebut menandakan bahwa seluruh indikator kolaborasi memiliki kontribusi yang sangat kuat dalam membentuk konstruk laten. Hasil ini mengindikasikan bahwa penerapan model *Project-STEM Based Learning* mampu menumbuhkan lingkungan belajar yang kolaboratif melalui kegiatan diskusi, kerja kelompok, dan penyelesaian proyek bersama. Berdasarkan teori konstruktivisme sosial Vygotsky bahwa interaksi sosial dalam pembelajaran berperan sebagai

¹¹⁴ Hair et al., *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R*.

wahana utama bagi perkembangan kognitif dan sosial siswa¹¹⁵. Siswa saling membangun pengetahuan dan menginternalisasi keterampilan sosial yang penting seperti kerja sama, empati, tanggung jawab, dan komunikasi interpersonal melalui kolaborasi¹¹⁶.

Berdasarkan hasil *outer loading* pada variabel kemampuan komunikasi menunjukkan adanya dua indikator yang belum valid secara sempurna yaitu teknologi (0,695) dan efektivitas (0,672) karena berada di atas ambang batas minimal (0,50) namun masih dianggap signifikan secara statistik dan nilai tersebut menunjukkan bahwa kontribusinya terhadap konstruk komunikasi relatif lemah¹¹⁷. Hal ini menandakan bahwa penguasaan teknologi dan efektivitas penyampaian pesan masih menjadi tantangan bagi siswa sekolah dasar.

Lemahnya hubungan pengaruh pada indikator teknologi mengindikasikan rendahnya literasi digital siswa disebabkan rendahnya literasi digital siswa dan penggunaan teknologi dalam pembelajaran yang belum terintegrasi secara mendalam pada pembelajaran materi perubahan energi. Siswa lebih sering menggunakan media sederhana seperti kertas dibandingkan media digital dalam menyajikan hasil proyek dan presentasi. Hasil ini diperkuat dengan penelitian yang menunjukkan bahwa integrasi teknologi di sekolah dasar masih terbatas karena kesiapan digital siswa yang

¹¹⁵ L. S. Vygotsky, *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes* (Harvard University Press, 1978), <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>.

¹¹⁶ Robyn Gillies, "Cooperative Learning: Review of Research and Practice," *Australian Journal of Teacher Education* 41, no. 3 (2016): 39–54, <https://doi.org/10.14221/ajte.2016v41n3.3>; Johnson and Johnson, *Cooperative Learning Strategies*.

¹¹⁷ Hair et al., *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R*.

rendah¹¹⁸. Kelley & Knowles menegaskan bahwa indikator teknologi dalam pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) pada tingkat dasar cenderung lemah karena keterbatasan pengalaman siswa dalam mengomunikasikan hasil ilmiah melalui media digital¹¹⁹.

Rendahnya nilai *outer loading* pada indikator efektivitas menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam menyampaikan pesan secara jelas dan logis masih berkembang. Rendahnya kemampuan ini disebabkan karna kurangnya pengalaman siswa berbicara didepan umum dan kecenderungan siswa yang menyampaikan pesan secara tidak terstruktur. Hal ini dapat dijelaskan melalui teori perkembangan bahasa Vygotsky yang menyatakan bahwa kemampuan komunikasi merupakan hasil dari interaksi sosial yang berkelanjutan¹²⁰. Siswa pada usia sekolah dasar baru mulai membangun struktur bahasa akademik yang digunakan dalam konteks ilmiah sehingga siswa sering kali menyampaikan informasi dengan bahasa daerah dan tidak terstruktur. Penelitian Safitri juga menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam komunikasi selama proses pembelajaran dan seringkali lebih memilih bahasa daerah daripada bahasa Indonesia¹²¹. Nazidah dan Rahayu mendukung hal ini dengan menemukan bahwa siswa

¹¹⁸ Novi Marliani and Idha Isnaningrum, "Literasi Teknologi Di Sekolah Dasar Dalam Pendidikan STEAM," *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Sosial* 4, no. 2 (2025): 103–10, <https://doi.org/10.58540/jipsi.v4i2.885>; Rizki Putri Wardani and Vit Ardhyantama, "Kajian Literature: STEM Dalam Pembelajaran Sekolah Dasar," *Jurnal Penelitian Pendidikan* 13, no. 1 (2021): 18–28, <https://doi.org/10.21137/jpp.2021.13.1.3>.

¹¹⁹ Kelley and Knowles, "A Conceptual Framework for Integrated STEM Education."

¹²⁰ Vygotsky, *Mind in Society*.

¹²¹ Erica Meilia Safitri et al., "Keterampilan Komunikasi Siswa Sekolah Dasar Dalam Pembelajaran IPA Berbasis Laboratorium Alam Tentang Biopori," *Jurnal Basicedu* 6, no. 2 (2022): 2654–63, <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2472>.

sekolah dasar kesulitan menyusun argumen ilmiah secara efektif karena kurangnya pengalaman reflektif dan diskusi terstruktur dalam pembelajaran¹²². Penelitian Lestari menyatakan bahwa efektivitas komunikasi siswa disebabkan juga karna kurangnya kepercayaan diri siswa dalam berbicara di depan orang lain¹²³.

Perbedaan pengaruh antara kedua kemampuan ini juga diperkuat oleh analisis variabel model *Project-STEM Based Learning*. Variabel model *Project-STEM Based Learning* pada indikator perancangan (0,646) dan pembuatan (0,666) menunjukkan nilai di bawah 0,70. Nilai ini mengindikasikan bahwa aspek desain dan pembuatan proyek masih menjadi bagian yang sulit dikuasai siswa sekolah dasar¹²⁴. Berdasarkan teori perkembangan kognitif Piaget anak usia sekolah dasar masih berada pada tahap operasional konkret di mana kemampuan berpikir abstrak dan hipotesis belum berkembang optimal¹²⁵. Proses desain teknik (*engineering design*) dalam pembelajaran STEM memerlukan kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti analisis, sintesis, dan perencanaan yang umumnya berkembang pada tahap operasional formal. Hal ini sesuai dengan Jolly dan

¹²² Fithrotin Nazidah et al., "Analisis Bibliometrik Penelitian Argumentasi Ilmiah Dalam Pembelajaran Sains Di Era Revolusi Industri 4.0 Society 5.0," *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pembelajaran* 1, no. 1 (2022): 7–14, <https://doi.org/10.58706/jipp.v1i1.p7-14>; Krida Puji Rahayu, "Implementasi Pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) Di Sekolah Dasar: Tantangan Dan Solusi," *Center of Education Journal (CEJou)* 6, no. 1 (2025), <https://doi.org/10.55757/cejou.v6i1.876>.

¹²³ Indah Dwi Lestari, "Analisis Hambatan Komunikasi Guru Dan Siswa Dalam Pembelajaran IPA Di SMP Negeri Kecamatan Moyo Hulu," *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan* 4, no. 1 (2021): 74–77, <https://doi.org/10.54371/jiip.v4i1.206>.

¹²⁴ Hair et al., *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R*.

¹²⁵ Marinda, "Teori Perkembangan Kognitif Jean Piaget dan Problematikanya pada Anak Usia Sekolah Dasar."

Bybee yang menjelaskan bahwa siswa sekolah dasar sering kesulitan pada tahap desain dan pembuatan dalam pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) karena keterbatasan berpikir abstrak dan pengalaman teknis¹²⁶.

Perbedaan ini dapat dijelaskan secara teoritis melalui prinsip-prinsip dasar pembelajaran berbasis proyek. Menurut Thomas *project-based learning* menekankan keterlibatan aktif siswa dalam proses kolaboratif jangka panjang untuk menyelesaikan masalah nyata¹²⁷. Seluruh rangkaian kegiatan dalam model *Project-STEM Based Learning* mulai dari identifikasi masalah hingga refleksi dirancang untuk melibatkan siswa dalam kerja kelompok intensif yang memerlukan interaksi sosial, negosiasi, dan pembagian peran. Oleh karena itu, kemampuan kolaborasi siswa lebih terdorong dan terlatih secara konsisten sepanjang proses pembelajaran, baik dalam perencanaan, pelaksanaan, maupun evaluasi proyek.

Kemampuan komunikasi tetap berkembang tetapi fungsinya lebih sebagai alat pendukung kolaborasi. Tahap pembelajaran *Project-STEM Based Learning* dalam kegiatan presentasi meningkatkan komunikasi siswa, namun hal ini terjadi dalam konteks menyampaikan hasil kolaboratif kelompok. Komunikasi individual seperti kemampuan menyusun argumen secara mandiri atau berbicara dalam konteks debat terbuka tidak menjadi fokus utama dalam model ini. Hal ini sesuai dengan penelitian Binkley yang

¹²⁶ Jolly, *STEM by Design_ Strategies and Activities for Grades 4-8*; Bybee, *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*.

¹²⁷ Thomas, *A Review of Research on Project-Based Learning*.

menyebut bahwa komunikasi dalam pembelajaran abad ke-21 sering kali muncul sebagai hasil dari kerja tim yang efektif bukan sebagai keterampilan yang diasah secara terpisah¹²⁸.

Secara konseptual *Framework for 21st Century Learning (P21 Framework)* menjelaskan bahwa kolaborasi bukan sekadar bekerja bersama, tetapi mencakup kemampuan untuk mengatur kerja tim, membagi peran dengan adil, menghargai kontribusi anggota, bersikap fleksibel, dan melakukan refleksi tim. Aktivitas merancang proyek, membagi peran saat membuat produk, memperbaiki hasil, serta menyusun presentasi kelompok sangat selaras dengan indikator-indikator tersebut sedangkan kemampuan komunikasi dalam model *Project-STEM Based Learning* lebih berkembang pada konteks mendengar secara aktif, menggunakan komunikasi dalam menyampaikan ide dan solusi tetapi tidak secara mendalam melatih komunikasi individu yang lebih terstruktur atau argumentatif¹²⁹.

Penelitian oleh Saavedra dan Barron juga mendukung kesimpulan ini. Penelitian ini menyatakan bahwa dalam pembelajaran berbasis proyek kolaborasi cenderung meningkat secara lebih signifikan dibandingkan komunikasi karena siswa tidak hanya berinteraksi, tetapi juga mengoordinasikan proses berpikir dan bertindak secara bersama-sama untuk mencapai hasil nyata¹³⁰. Penelitian ini juga diperkuat oleh studi

¹²⁸ Binkley et al., "Defining Twenty-First Century Skills."

¹²⁹ Partnership for 21st Century Learning, *Framework for 21st Century Learning Definitions*.

¹³⁰ Saavedra and Opfer, *Teaching and Learning 21st Century Skills: Lessons from the Learning Sciences*; Barron and Darling-Hammond, "Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning."

Gillies yang menunjukkan bahwa dalam pembelajaran kooperatif siswa mengembangkan keterampilan sosial seperti empati, negosiasi, dan tanggung jawab bersama yang menjadi fondasi utama kolaborasi¹³¹.

Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* memiliki perbedaan pengaruh terhadap kemampuan komunikasi dan kolaborasi siswa di mana pengaruhnya terhadap kemampuan kolaborasi lebih besar, baik secara statistik maupun berdasarkan proses implementasinya. Model ini secara efektif menanamkan nilai kerja tim, tanggung jawab bersama, dan fleksibilitas sosial dalam konteks pemecahan masalah berbasis proyek. Model ini penting sebagai dasar bagi guru untuk merancang pembelajaran yang tidak hanya mentransfer konten, tetapi juga mengembangkan kompetensi sosial-emosional siswa yang sangat dibutuhkan dalam dunia abad ke-21.

¹³¹ Gillies, "Cooperative Learning."

BAB VI

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model *Project-STEM Based Learning* juga berpengaruh signifikan terhadap kemampuan kolaborasi siswa sebagaimana ditunjukkan oleh hasil uji t dengan nilai signifikansi 0,024 ($p < 0,05$). Rata-rata skor kemampuan kolaborasi pada kelompok eksperimen (88,5) jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (59,1). Hasil ini diperkuat oleh nilai *outer loading* seluruh indikator kolaborasi yang sangat tinggi yaitu aktif (0,924), adil (0,934), fleksibel (0,911), menghargai (0,863), dan keterlibatan (0,780) menunjukkan bahwa penerapan model ini secara konsisten menumbuhkan kerja sama aktif, rasa tanggung jawab bersama, fleksibilitas dalam menyelesaikan masalah, dan penghargaan terhadap kontribusi setiap anggota tim. Setiap tahapan pembelajaran menuntut interaksi sosial yang intens, pembagian peran yang adil, serta pengambilan keputusan bersama sehingga menguatkan keterampilan sosial dan tanggung jawab kolektif siswa. Dengan demikian, model *Project-STEM Based Learning* efektif dalam membentuk budaya belajar kolaboratif yang konstruktif sesuai dengan prinsip teori konstruktivisme sosial Vygotsky.

2. Model *Project-STEM Based Learning* terbukti berpengaruh dan signifikan terhadap kemampuan komunikasi siswa kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki pada materi perubahan energi. Hasil uji t menunjukkan nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$) dengan nilai t sebesar 27,264 dan rata-rata skor kemampuan komunikasi kelompok eksperimen (88,61) jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (61,52). Setiap tahapan pembelajaran mulai dari identifikasi masalah, eksplorasi, perancangan, pembuatan, pengujian hingga presentasi mendorong siswa untuk berpartisipasi aktif dalam diskusi, menyampaikan ide secara jelas, mendengarkan dengan saksama, serta menggunakan komunikasi untuk berbagai tujuan. Adapun indikator teknologi (0,695) dan efektivitas (0,672) menunjukkan bahwa kemampuan komunikasi masih berkembang secara bertahap terutama dalam penggunaan media digital dan penyampaian pesan yang logis serta terstruktur. Hal ini mencerminkan bahwa meskipun komunikasi fungsional dan kolaborasi telah meningkat, penguasaan komunikasi formal masih memerlukan latihan berkelanjutan dan dukungan literasi digital.
3. Terdapat perbedaan pengaruh antara model *Project-STEM Based Learning* terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa di mana pengaruh terhadap kolaborasi lebih besar. Analisis *Partial Least Square-Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) menunjukkan adanya perbedaan tingkat pengaruh model *Project-STEM Based*

Learning terhadap kemampuan kolaborasi dan komunikasi siswa. Nilai *path coefficient* untuk kolaborasi sebesar $t = 2,259$; $p = 0,024$; $R^2 = 0,131$ sedangkan untuk komunikasi sebesar $t = 2,227$; $p = 0,026$; $R^2 = 0,108$. Perbedaan nilai R^2 tersebut menunjukkan bahwa pengaruh model terhadap kolaborasi (13,1%) lebih kuat dibandingkan komunikasi (10,8%). Hal ini menunjukkan bahwa model *Project-STEM Based Learning* lebih optimal dalam membentuk kemampuan kolaborasi yang bersifat sosial dan kontekstual dibandingkan kemampuan komunikasi yang menuntut refleksi dan kemampuan berpikir abstrak. Keterbatasan validitas indikator pada aspek *teknologi* dan *efektivitas* juga memperlihatkan bahwa kemampuan komunikasi formal belum berkembang optimal karena rendahnya literasi digital dan pengalaman berbicara ilmiah siswa sekolah dasar. Sebaliknya, seluruh indikator kolaborasi menunjukkan kekuatan konstruk yang tinggi karena kegiatan proyek memberi ruang luas bagi kerja sama, negosiasi ide, dan tanggung jawab bersama.

B. Implikasi

Hasil penelitian ini memberikan beberapa implikasi penting terhadap pembelajaran, peran guru, serta pengembangan kurikulum di jenjang Madrasah Ibtidaiyah:

1. Implikasi terhadap pembelajaran. Model *Project-STEM Based Learning* dapat menjadi alternatif strategis dalam meningkatkan kemampuan abad ke-21 terutama kolaborasi dan komunikasi siswa. Pendekatan ini

memungkinkan siswa terlibat secara aktif dalam kegiatan belajar yang kontekstual dan bermakna melalui kerja proyek yang terstruktur sehingga membantu siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial yang penting di masa depan.

2. Implikasi terhadap peran guru. Guru tidak lagi hanya berperan sebagai penyampai informasi, melainkan sebagai fasilitator dan pembimbing yang merancang proyek pembelajaran, memotivasi kerja kelompok, dan mengevaluasi proses belajar siswa secara holistik. Penerapan model ini menuntut guru untuk memiliki kompetensi pedagogik, sosial, dan literasi teknologi yang memadai untuk mengarahkan pembelajaran berbasis proyek.
3. Implikasi terhadap kurikulum. Kurikulum tingkat MI perlu lebih terbuka terhadap integrasi model pembelajaran berbasis proyek yang menggabungkan unsur STEM. Hal ini sejalan dengan arah Kurikulum Merdeka yang mendorong pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dan penguatan profil pelajar Pancasila, di mana kemampuan kolaborasi dan komunikasi menjadi bagian utama.

C. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang dapat disampaikan antara lain:

2. Bagi guru. Disarankan agar guru mulai mengimplementasikan model *Project-STEM Based Learning* dalam pembelajaran, terutama pada materi-materi sains yang bersifat aplikatif, seperti perubahan energi.

Guru perlu menyusun proyek pembelajaran yang kontekstual dan menantang, serta memberikan ruang bagi siswa untuk bekerja sama, menyampaikan ide, dan menyelesaikan masalah secara mandiri dan tim.

3. Bagi sekolah. Pihak sekolah perlu memberikan dukungan terhadap pengembangan model pembelajaran inovatif dengan menyediakan fasilitas belajar, waktu yang fleksibel, dan pelatihan guru terkait penerapan model pembelajaran berbasis proyek. Kolaborasi antar guru dan pembinaan rutin sangat penting untuk menjaga kualitas implementasi model.
4. Bagi peneliti selanjutnya. Penelitian ini masih terbatas pada dua variabel keterampilan abad ke-21. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya dapat mengembangkan kajian dengan menambahkan variabel lain seperti berpikir kritis, kreativitas, atau literasi digital. Selain itu, penelitian lanjutan bisa dilakukan di jenjang pendidikan berbeda, atau dengan memperluas materi ajar yang diterapkan menggunakan model *Project-STEM Based Learning*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zaenal. "Efektivitas Pembelajaran Berbasis Masalah, Pembelajaran Berbasis Proyek Literasi, Dan Pembelajaran Inkuiri Dalam Meningkatkan Kemampuan Koneksi Matematis." *Profesi Pendidikan Dasar* 7, no. 1 (2020): 37–52. <https://doi.org/10.23917/ppd.v7i1.10736>.
- Al Hasanah, Lia, and Hasruddin Hasruddin. "Profil Keterampilan Komunikasi Dan Kolaborasi Peserta Didik Dalam Pembelajaran IPA Materi Pengenalan Sel Pada Siswa SMP." *BIO-CONS: Jurnal Biologi Dan Konservasi* 7, no. 1 (2025): 112–22. <https://doi.org/10.31537/biocons.v7i1.2200>.
- Anggraeni, Ajeng, Ani Nur Aeni, and Ali Ismail. "Pengaruh Model PjBL Terhadap Keterampilan Kolaborasi Siswa Pada Pembelajaran IPA Di Kelas V." *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru* 9, no. 3 (2024): 1491–96. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v9i3.1131>.
- Anggraini, Annisa Putri, Agnita Siska Pramasdyahsari, and Agnes Lita. "Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik Tingkat SD Dalam Implementasi Project Based Learning." *Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan* 30, no. 2 (2024): 139. <https://doi.org/10.24114/jpbp.v30i2.61205>.
- Anita, Surya. "Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Kreativitas Dan Motivasi Belajar Peserta Didik." *Edutama: Jurnal Ilmiah Penelitian Tindakan Kelas* 1, no. 1 (2024): 8–13. <https://doi.org/10.69533/bkrc6e11>.
- Aqil Ulil Abror, Moh Rosuli, and Syaiful Bahri. "Membangun Karakter Siswa: Peran Metode Pembelajaran Diskusi Dalam Pendidikan." *Jurnal Ilmiah Research Student* 2, no. 1 (2025): 155–64. <https://doi.org/10.61722/jirs.v2i1.3634>.
- Artobatama, Irman. "Pembelajaran STEM Berbasis Outbound Permainan Tradisional." *Indonesian Journal of Primary Education* 2, no. 2 (2019): 40. <https://doi.org/10.17509/ijpe.v2i2.15099>.
- Audina, Mia. "Pembelajaran Kontekstual: Mencapai Hasil Belajar Yang Optimal." Preprint, December 7, 2021. <https://doi.org/10.31219/osf.io/u2tbq>.
- Bachtiar, Rizky, Azmi Al Bahij, Nadiroh Nadiroh, and Sihadi Sihadi. "Pengaruh Kesadaran Hemat Energi Terhadap Perilaku Hemat Energi." *Jurnal PGSD* 6, no. 1 (2020): 1–6. <https://doi.org/10.32534/jps.v6i1.964>.
- Balgopal, Meena, and Alison Wallace. "Writing-to-Learn, Writing-to-Communicate, & Scientific Literacy." *The American Biology Teacher* 75, no. 3 (2013): 170–75. <https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.3.5>.
- Barron, B, and L Darling-Hammond. "Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning." *George Lucas Educational Foundation*, 2008.
- Bell, Stephanie. "Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future." *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas* 83, no. 2 (2010): 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>.
- Binkley, Marilyn, Ola Erstad, Joan Herman, et al. "Defining Twenty-First Century Skills." In *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, edited by Patrick

- Griffin, Barry McGaw, and Esther Care. Springer Netherlands, 2012. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2.
- Budi, Sihono Setyo. “Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) Untuk Meningkatkan Prestasi Dan Kemandirian Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Keterampilan Di Kelas X IPA2.” *ACTION: Jurnal Inovasi Penelitian Tindakan Kelas Dan Sekolah* 3, no. 3 (2023): 212–19. <https://doi.org/10.51878/action.v3i3.2428>.
- Bybee, R.W. *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association, 2013.
- Capraro, Robert M., ed. *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. 2. ed. DIVS. Sense Publ, 2013.
- Capraro, Robert M., Mary Margaret Capraro, and J. R Morgan. *STEM Project-Based Learning: An Educator’s Guide to Instructional Best Practices*. Sense Publishers, 2013.
- Creswell, J. W, and J. D Creswell. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage publications, 2017.
- Creswell, J. W, and J. D Creswell. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications, 2017.
- D’Elia, Paola, Aleksandra Stalmach, Sergio Di Sano, and Gino Casale. “Strategies for Inclusive Digital Education: Problem/Project-Based Learning, Cooperative Learning, and Service Learning for Students with Special Educational Needs.” *Frontiers in Education* 9 (January 2025): 1447489. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1447489>.
- Delima, Ayu Intan, and Citra Ayu Kumala Sari. “Pengaruh Bimbingan Kelompok Teknik Diskusi Terhadap Kemampuan Interaksi Sosial Remaja.” *Jurnal Al-Taujih : Bingkai Bimbingan Dan Konseling Islami* 7, no. 1 (2021): 29–37. <https://doi.org/10.15548/atj.v7i1.2450>.
- Derajat, Lingga Saniman. “Pengaruh Model STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kreatif Siswa Kelas IV Pada Materi Perubahan Energi MIN 1 Jombang.” UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2024.
- Duschl, R. A, H. A Schweingruber, and A. W Shouse. *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, D.C.: National Academies Press, 2007.
- English, Lyn D., Robin Adams, and Donna King. “Design Learning in STEM Education.” In *Handbook of Research on STEM Education*, 1st ed., edited by Carla C. Johnson, Margaret J. Mohr-Schroeder, Tamara J. Moore, and Lyn D. English. Routledge, 2020. <https://doi.org/10.4324/9780429021381-9>.
- English, Lyn D, and Donna T King. “STEM Learning through Engineering Design: Fourth-Grade Students’ Investigations in Aerospace.” *International Journal of STEM Education* 2, no. 1 (2015): 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>.
- Fadhilah, Roni Yudi, Agus Efendi, and Sidik Pramono. “Kolaborasi Dan Motivasi: Model Pembelajaran Berbasis Proyek Sebagai Solusi Untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa Di Sektor Industri.” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik*

- Dan *Kejuruan* 17, no. 1 (2024).
<https://doi.org/10.20961/jiptek.v17i1.81710>.
- Fazhari, Batricia Albafirda, and Yuniawatika Yuniawatika. “Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik Kelas V SD Dalam Kegiatan Diskusi Kelompok.” *Journal of Innovation and Teacher Professionalism* 3, no. 2 (2024): 317–24. <https://doi.org/10.17977/um084v3i22025p317-324>.
- Firstanda, Hanyra, Wiladia Hidayah, Alifia Firnanda, Icha Zahroh, and Ayu Wulandari. “Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning (PJBL) Terhadap Minat Dan Hasil Belajar Siswa Di SMAN 1 Driyorejo.” *Pubmedia Jurnal Penelitian Tindakan Kelas Indonesia* 2, no. 2 (2024): 8. <https://doi.org/10.47134/ptk.v2i2.1205>.
- Fitri, Hanifah Mutiara, Putri Khaerunnisa, Endra Setiawan, and Siswo Wardoyo. “Peningkatan Keterampilan Pra-Vokasional Siswa SMK Melalui Project-Based Learning (PjBL): Studi Literatur.” *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)* 5, no. 1 (2025): 307–18. <https://doi.org/10.53299/jppi.v5i1.996>.
- Friedman, Greg, Alyssa Fusco, and Jingjing Sun. *Developing Argumentation Skills in Elementary Students*. n.d.
- Gillies, Robyn. “Cooperative Learning: Review of Research and Practice.” *Australian Journal of Teacher Education* 41, no. 3 (2016): 39–54. <https://doi.org/10.14221/ajte.2016v41n3.3>.
- Graham, Charles R., Jered Borup, Emily Pulham, and Ross Larsen. “K–12 Blended Teaching Readiness: Model and Instrument Development.” *Journal of Research on Technology in Education* 51, no. 3 (2019): 239–58. <https://doi.org/10.1080/15391523.2019.1586601>.
- Hair, Joseph F., G. Tomas M. Hult, Christian M. Ringle, Marko Sarstedt, Nicholas P. Danks, and Soumya Ray. *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R: A Workbook*. Classroom Companion: Business. Springer International Publishing, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7>.
- Han, Sunyoung, Robert Capraro, and Mary Margaret Capraro. “How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement.” *International Journal of Science and Mathematics Education* 13, no. 5 (2015): 1089–113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>.
- Han, Sunyoung, Robert Capraro, and Mary Margaret Capraro. “How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement.” *International Journal of Science and Mathematics Education* 13, no. 5 (2015): 1089–113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>.
- Hani, Ridwan, and Irma Rahma Suwarma. “Profil Motivasi Belajar IPA Siswa Sekolah Menengah Pertama Dalam Pembelajaran IPA Berbasis STEM.” *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)* 3, no. 1 (2018): 62. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i1.10942>.

- Haryanti, Anti, and Irma Rahma Suwarma. "Profil Keterampilan Komunikasi Siswa SMP Dalam Pembelajaran IPA Berbasis STEM." *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)* 3, no. 1 (2018): 49. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i1.10940>.
- Hendikawati, Putriaji, Sunarmi Sunarmi, and David Mubarak. "Meningkatkan Pemahaman Dan Mengembangkan Karakter Mahasiswa Melalui Pembelajaran Kolaboratif Berbasis Proyek." *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif* 7, no. 2 (2016): 123–30. <https://doi.org/10.15294/kreano.v7i2.4730>.
- Herwanti, Katarina. "Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kreatif Melalui Pendekatan STEM Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kimia Pada Materi Sel Elektrokimia." *TRISALA: Jurnal Ilmiah Pendidikan* 8, no. 3 (2023). <https://doi.org/10.54211/trisala.v8i3.74>.
- Idawati, Idawati, Muhandjito Muhandjito, and Lia Yuliati. "Authentic Learning Berbasis Inquiry Dalam Program STEM Terhadap Literasi Saintifik Siswa Berdasarkan Tingkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa." *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan* 4, no. 8 (2019): 1024. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v4i8.12663>.
- Ismail, Siti Munawaroh, and Wahidin Wahidin. "Komunikasi Ilmiah Siswa Sekolah Dasar Melalui Proyek Permainan STEM (Sains, Technology, Engineering, and Mathematic)." *Jurnal Basicedu* 6, no. 4 (2022): 6967–74. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3439>.
- Ismail, Siti Munawaroh, and Wahidin Wahidin. "Komunikasi Ilmiah Siswa Sekolah Dasar Melalui Proyek Permainan STEM (Sains, Technology, Engineering, and Mathematic)." *Jurnal Basicedu* 6, no. 4 (2022): 6967–74. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3439>.
- Johnson, and Johnson. *Cooperative Learning Strategies*. 1991.
- Jolly, Anne. *STEM by Design_ Strategies and Activities for Grades 4-8*. By Routledge, 2017.
- Kelley, Todd R., and J. Geoff Knowles. "A Conceptual Framework for Integrated STEM Education." *International Journal of STEM Education* 3, no. 1 (2016): 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>.
- Khairani, Mutiara, Maryono Maryono, and Issaura Sherly Pamela. "Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Keaktifan Belajar Siswa Pada Materi IPAS." *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)* 4, no. 4 (2024): 1765–76. <https://doi.org/10.53299/jppi.v4i4.814>.
- Kılıç, İsmail. "The Effect of Project-Based Learning Approach on Student Achievement in Life Science Course in Primary Education." *African Educational Research Journal* 10, no. 3 (2022): 321–28. <https://doi.org/10.30918/AERJ.103.22.046>.
- Lestari, Indah Dwi. "Analisis Hambatan Komunikasi Guru Dan Siswa Dalam Pembelajaran IPA Di SMP Negeri Kecamatan Moyo Hulu." *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan* 4, no. 1 (2021): 74–77. <https://doi.org/10.54371/jiip.v4i1.206>.

- Marinda, Leny. "Teori Perkembangan Kognitif Jean Piaget dan Problematikanya pada Anak Usia Sekolah Dasar." *An-Nisa Jurnal Kajian Perempuan dan Keislaman* 13, no. 1 (2020): 116–52. <https://doi.org/10.35719/annisa.v13i1.26>.
- Marliani, Novi, and Idha Isnaningrum. "Literasi Teknologi Di Sekolah Dasar Dalam Pendidikan STEAM." *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Sosial* 4, no. 2 (2025): 103–10. <https://doi.org/10.58540/jipsi.v4i2.885>.
- Maulana, Muhammad Andrian, and Nani Mediatati. "Penerapan Model Project Based Learning Melalui Pendekatan Culturally Responsive Teaching Untuk Meningkatkan Kolaborasi Dan Hasil Belajar Siswa." *Literasi (Jurnal Ilmu Pendidikan)* 14, no. 3 (2023): 153. [https://doi.org/10.21927/literasi.2023.14\(3\).153-163](https://doi.org/10.21927/literasi.2023.14(3).153-163).
- Maulidah, Evi. "Efektifitas Model Project Based Learning (PjBL) Untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Dan Kolaborasi Siswa." *Journal of Islamic Education* 10, no. 2 (2024): 264–72. <https://doi.org/10.18860/jie.v10i2.8789>.
- Miftah, M. "Strategi Komunikasi Efektif Dalam Pembelajaran." *Jurnal Teknodik*, February 20, 2019, 084–094. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v12i2.473>.
- Muamala, Khofifatul, and Ria Wulandari. "Keterampilan Kolaborasi Komunikasi Sains Siswa Sekolah Menengah Sebuah Studi Profil." *Jurnal Biologi* 1, no. 4 (2024). <https://doi.org/10.47134/biology.v1i4.2907>.
- Nazidah, Fithrotin, Muhammad Shokhibul Kafii, and Setyo Admoko. "Analisis Bibliometrik Penelitian Argumentasi Ilmiah Dalam Pembelajaran Sains Di Era Revolusi Industri 4.0 Society 5.0." *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pembelajaran* 1, no. 1 (2022): 7–14. <https://doi.org/10.58706/jipp.v1i1.p7-14>.
- OECD. *OECD Economic Surveys: Indonesia 2018*. OECD Economic Surveys: Indonesia. OECD, 2018. https://doi.org/10.1787/eco_surveys-idn-2018-en.
- Oktavia, Zaini, and Saiful Ridlo. "Critical Thinking Skills Reviewed from Communication Skills of the Primary School Students in STEM-Based Project-Based Learning Model." *Journal of Primary Education* 9, no. 3 (2020): 311–20. <https://doi.org/10.15294/jpe.v9i3.27573>.
- Ovartadara, Maiyona, Firman, and Desyandri. "Penerapan Model Project Based Learning Dalam Meningkatkan Komunikasi Matematis Siswa Sekolah Dasar." *Didaktik : Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang* 8, no. 2 (2023): 2667–78. <https://doi.org/10.36989/didaktik.v8i2.579>.
- Partnership for 21st Century Learning. *Framework for 21st Century Learning Definitions*. Battelle for Kids, 2019. <http://www.battelleforkids.org/networks/p21>.
- Pratiwi, Egidia Anjaswati, A Hari Witono, and Abdul Kadir Jaelani. "Keterampilan Komunikasi Siswa Kelas V SDN 32 Cakranegara Kecamatan Sandubaya Kota Mataram Tahun Ajaran 2021/2022." *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 7, no. 3b (2022): 1639–46. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i3b.832>.
- Prihatini, Nuraisya, and Lisna Wati. *Peningkatan Hasil Belajar Perubahan Bentuk Energi Kelas IV melalui Model Problem Based Learning*. 2020.

- Puji Utami, Riani. "Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) Dalam Meningkatkan Keaktifan Siswa." *Jurnal Bimbingan Dan Konseling Pandohop* 2, no. 1 (2022): 9–15. <https://doi.org/10.37304/pandohop.v2i1.4308>.
- Rahayu, Krida Puji. "Implementasi Pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) Di Sekolah Dasar: Tantangan Dan Solusi." *Center of Education Journal (CEJou)* 6, no. 1 (2025). <https://doi.org/10.55757/cejou.v6i1.876>.
- Rodliyah, Uli, and Wirawan Fadly. "Meningkatkan Kemampuan Kolaborasi Melalui Model Guided Inquiry Berbasis Education for Sustainable Development Pada Materi Biotik Dan Abiotik." *Jurnal Tadris IPA Indonesia* 3, no. 2 (2023): 169–79. <https://doi.org/10.21154/jtii.v3i2.2153>.
- Rofiudin, Amir, Luhur Adi Prasetya, and Didik Dwi Prasetya. "Pembelajaran Kolaboratif Di SMK: Peran Kerja Sama Siswa Dalam Meningkatkan Keterampilan Soft Skills." *Journal of Education Research* 5, no. 4 (2024): 4444–55. <https://doi.org/10.37985/jer.v5i4.672>.
- Roslina, Roslina, Achmad Samsudin, and Winny Liliawati. "Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): Systematic Literature Review (SLR)." *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA* 12, no. 1 (2022): 120–39. <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722>.
- Saavedra, A. R, and V. D Opfer. *Teaching and Learning 21st Century Skills: Lessons from the Learning Sciences*. RAND Corporation., 2012.
- Saenab, S, S.R Yunus, and A.N Virninda. "PjBL Untuk Pengembangan Keterampilan Mahasiswa: Sebuah Kajian Deskriptif Tentang Peran PjBL Dalam Melejitkan Keterampilan Komunikasi Dan Kolaborasi Mahasiswa." 2017.
- Safitri, Erica Meilia, Izza Fauziah Maulidina, Nurul Iqdam Zuniari, Tsabitah Amaliyah, Said Wildan, and Supeno Supeno. "Keterampilan Komunikasi Siswa Sekolah Dasar Dalam Pembelajaran IPA Berbasis Laboratorium Alam Tentang Biopori." *Jurnal Basicedu* 6, no. 2 (2022): 2654–63. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2472>.
- Santoso, Arif Dwi, and Muhammad Agus Salim. "Penghematan Listrik Rumah Tangga Dalam Menunjang Kestabilan Energi Nasional Dan Kelestarian Lingkungan." *Jurnal Teknologi Lingkungan* 20, no. 2 (2019): 263. <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i2.3242>.
- Sari, Aulia Nadia, Subanji Subanji, and Sisworo Sisworo. "Analisis Interaksi Siswa Pada Aktivitas Diskusi Kelompok Dalam Pembelajaran Matematika Secara Daring." *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika* 5, no. 3 (2021): 2636–51. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i3.949>.
- Sarnita, Fitria. *Hukum Kekekalan Energi dalam Perspektif Filsafat Taoisme*. 6, no. 3 (2023).
- Sartika, Didi, and Ayu Rahma Nengsi. "Membangun Skill Kerjasama Tim Pada Mahasiswa Dalam Manajemen Kelompok Demi Peningkatan Efektifitas Tim Mencapai Tujuan." *Jurnal Sosial Humaniora Sigli* 5, no. 2 (2022): 142–49. <https://doi.org/10.47647/jsh.v5i2.927>.

- Sipi, Theresia. "Meningkatkan Hasil Belajar IPA Materi Energi Dan Perubahannya Dengan Menggunakan Metode Proyek Pada Siswa Kelas VI SD Negeri Nuabari." *Gema Wiralodra* 10, no. 2 (2019): 299–307. <https://doi.org/10.31943/gemawiralodra.v10i2.84>.
- Situmeang, Lamria Indriani. "Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Dan Kreativitas Siswa SMP." *SAINTIFIK* 10, no. 2 (2024). <https://doi.org/10.31605/saintifik.v10i2.517>.
- Sugiyono. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Alfabeta, 2019.
- Sugiyono. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Alfabeta, 2019.
- Suporahardjo, Assagaf. *Manajemen Kolaborasi: Memahami Pluralisme Membangun Konsensus*. 2005.
- Susetyarini, Rr. Eko, Tutut Indria Permana, Gunarta Gunarta, Dwi Setyawan, Roimil Latifa, and Siti Zaenab. "Motivasi Dan Tanggung Jawab Siswa Dalam Pembelajaran Berbasis Proyek, Sebuah Penelitian Tindakan Kelas." *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA* 5, no. 1 (2019): 1–9. <https://doi.org/10.21831/jipi.v5i1.22293>.
- Susilawati, Susilawati. "Eksplorasi Konten, Keterampilan Argumentasi, Diskusi Ilmiah Dan Interaksi Keterampilannya Dengan Pengetahuan Konseptual Induksi Magnetik." *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika* 11, no. 1 (2020): 69–74. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v11i1.4349>.
- Thomas, J. W. *A Review of Research on Project-Based Learning*. 2000.
- Trilling, B, and C Fadel. *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. John Wiley & Sons, 2009.
- Ujang Ruslandi, Siti Qomariyah, and Mimit Sumitra. "Peran Metode Pembelajaran Diskusi Dalam Menciptakan Keaktifan Belajar Siswa Di MAS Tarbiyatul Islamiyah." *Katalis Pendidikan : Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Matematika* 2, no. 1 (2025): 79–90. <https://doi.org/10.62383/katalis.v2i1.1203>.
- Vygotsky, L. S. *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, 1978. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>.
- Vygotsky, Lev Semenovich. *The Development of Higher Psychological Functions*. Vol. 15. Soviet Psychology, 1977.
- Wardani, Rizki Putri, and Vit Ardhyantama. "Kajian Literature: STEM Dalam Pembelajaran Sekolah Dasar." *Jurnal Penelitian Pendidikan* 13, no. 1 (2021): 18–28. <https://doi.org/10.21137/jpp.2021.13.1.3>.
- Wibowo, Agus Mukti, Sugeng Utaya, Wahjoedi Wahjoedi, Siti Zubaidah, Saiful Amin, and Ravinesh Rohit Prasad. "Critical Thinking and Collaboration Skills on Environmental Awareness in Project-Based Science Learning." *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* 13, no. 1 (2024): 103–15.
- Widyasari, Risma, and Dr Nana. "Pembahasan Materi Sumber Energi Terbarukan Dengan Menggunakan Model POE2WE." *Jurnal Ikatan Alumni Fisika* 6, no. 4 (2023): 46. <https://doi.org/10.24114/jiaf.v6i4.20742>.
- Yamtinah, Sri, Hariyanto Hariyanto, Sukarmin Sukarmin, and Sulistyo Saputro. "The Science Learning Material Using PjBL Model Integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approaches

- to Enhance Students' Communication Skills.” *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)* 5, no. 1 (2020): 62. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v5i1.39665>.
- Yuhana Elva and Ratna Kartika Irawati. “Pengaruh Project Based Learning – STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Terhadap Pembelajaran Sains Pada Abad 21.” *Ed-Humanistics: Jurnal Ilmu Pendidikan* 6, no. 1 (2021): 793–98. <https://doi.org/10.33752/ed-humanistics.v6i1.1463>.
- Yusuf, M., and Handriadi Handriadi. “Mengidentifikasi Pembelajaran Inovatif.” *Mau'izhah* 12, no. 1 (2022): 38. <https://doi.org/10.55936/mauizhah.v12i1.88>.

LAMPIRAN

Lampiran 3.1 Lembar Observasi Keterlaksanaan *Project-STEM Based Learning*

Nama Pengamat : _____

Tanggal : _____

Petunjuk:

1. Pengamat memberikan skor berdasarkan keterlaksanaan setiap aspek menggunakan skala Likert 1-4:
 1 = Tidak Terlaksana
 2 = Kurang Terlaksana
 3 = Terlaksana dengan Baik
 4 = Terlaksana dengan Sangat Baik
2. Lembar ini diisi selama proses pembelajaran berlangsung.

Tahapan PjBL berbasis STEM	No.	Aspek yang dinilai	Skor			
			1	2	3	4
Identifikasi Masalah atau Tantangan Nyata (<i>Science</i>)	1	Siswa mampu mengidentifikasi masalah yang relevan dengan kehidupan sehari-hari mengenai energi.				
	2	Siswa menghubungkan masalah dengan konsep sains (energi) atau matematika dasar yang sesuai.				
	3	Siswa aktif dalam diskusi untuk menentukan tantangan yang akan diselesaikan.				
Penyelidikan dan Eksplorasi (<i>Science</i>)	4	Siswa mengumpulkan informasi ilmiah dari sumber belajar (buku, internet, observasi).				
	5	Siswa melakukan eksplorasi atau observasi untuk memahami prinsip perubahan energi.				
	6	Siswa mencatat dan mengorganisasi data yang relevan dengan proyek untuk menyelesaikan masalah berdasarkan hasil diskusi kelompok.				
Perancangan dan Perencanaan Proyek (<i>Engineering & Technology</i>)	7	Siswa membuat rancangan atau sketsa proyek yang akan dikembangkan.				
	8	Siswa menentukan alat dan bahan serta menyusun langkah-langkah pengerjaan proyek secara sistematis.				
	9	Siswa membagi tugas dalam kelompok sesuai dengan keahlian masing-masing.				

Pembuatan dan Pengembangan Produk (<i>Engineering, Technology, & Math</i>)	10	Siswa aktif dalam proses pembuatan proyek berdasarkan rancangan yang dibuat.				
	11	Siswa menerapkan konsep STEM dalam pengembangan proyek.				
	12	Siswa menggunakan alat dan bahan dengan efektif serta aman.				
Pengujian dan Evaluasi (<i>Engineering, Technology, & Math</i>)	13	Siswa melakukan pengujian terhadap hasil proyek yang telah dibuat.				
	14	Siswa menganalisis hasil pengujian untuk menemukan kelemahan dan kelebihan proyek.				
	15	Siswa melakukan perbaikan berdasarkan hasil evaluasi proyek.				
Presentasi dan Komunikasi Hasil (STEM)	16	Siswa menyampaikan hasil proyek secara jelas dan sistematis.				
	17	Siswa menggunakan teknologi atau media yang sesuai dalam presentasi.				
	18	Siswa mampu menjawab pertanyaan dari guru atau teman dengan baik.				
Refleksi dan Perbaikan (STEM)	19	Siswa melakukan refleksi terhadap pengalaman belajar selama proyek berlangsung.				
	20	Siswa mengidentifikasi tantangan yang dihadapi dan bagaimana cara mengatasinya.				
	21	Siswa memberikan masukan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran berbasis PjBL berbasis STEM.				

Lampiran 3.2 Lembar Observasi Kemampuan Komunikasi Siswa

Nama Pengamat : _____

Nama Siswa : _____

Tanggal : _____

Petunjuk :

1. Pengamat memberikan skor berdasarkan keterlaksanaan setiap aspek menggunakan skala Likert 1-4:

1 = Sangat kurang

2 = Kurang

3 = Baik

4 = Sangat baik

2. Lembar ini diisi selama proses pembelajaran berlangsung.

Indikator	No.	Aspek yang dinilai	Komponen STEM	Skor			
				1	2	3	4

Kejelasan dalam menyampaikan ide dan solusi	1	Ide yang disampaikan jelas dan mudah dipahami oleh audiens	<i>Science & Engineering</i>				
	2	Penjelasan runtut dan memiliki hubungan yang logis					
	3	Bahasa yang digunakan sesuai dengan konteks dan audiens					
Kemampuan mendengarkan aktif	4	Menunjukkan perhatian saat rekan berbicara (kontak mata, gestur)	<i>Engineering</i>				
	5	Memberikan tanggapan yang sesuai dengan isi pembicaraan					
	6	Tidak memotong pembicaraan sebelum rekan selesai berbicara					
Penggunaan komunikasi untuk berbagai tujuan	7	Penyampaian informasi sesuai dengan tujuan komunikasi	<i>Science, Engineering & Technology</i>				
	8	Menggunakan ekspresi verbal dan nonverbal yang mendukung penyampaian pesan					
	9	Menggunakan berbagai cara komunikasi (verbal, tulisan, gerakan) untuk menyampaikan pesan dengan jelas					
Pemanfaatan teknologi dalam presentasi proyek	10	Menggunakan media pendukung yang relevan (slide, gambar, video)	<i>Technology</i>				
	11	Informasi yang ditampilkan melalui teknologi mudah dipahami					
	12	Mampu menjelaskan informasi dari teknologi yang digunakan secara jelas					
Efektivitas komunikasi dalam tim	13	Berkontribusi aktif dalam diskusi kelompok	<i>Engineering</i>				
	14	Menghargai pendapat anggota tim dan tidak mendominasi pembicaraan					
	15	Bersikap terbuka terhadap kritik dan saran dalam komunikasi kelompok					

Lampiran 3.3 Lembar Observasi Kemampuan Kolaborasi

Nama Pengamat : _____

Nama Siswa : _____

Tanggal : _____

Petunjuk :

1. Pengamat memberikan skor berdasarkan keterlaksanaan setiap aspek menggunakan skala Likert 1-4:

1 = Sangat kurang

2 = Kurang

3 = Baik

4 = Sangat baik

2. Lembar ini diisi selama proses pembelajaran berlangsung.

Indikator	No.	Aspek yang dinilai	Komponen STEM	Skor			
				1	2	3	4
Kerja sama aktif dalam tim	1	Siswa berpartisipasi aktif dalam diskusi kelompok	<i>Science & Engineering</i>				
	2	Siswa membantu anggota tim yang mengalami kesulitan					
	3	Menggunakan bahasa yang efektif dan komunikatif					
Fleksibilitas dalam berdiskusi dan menyelesaikan masalah	4	Siswa menyelesaikan tugas sesuai perannya dalam kelompok	<i>Engineering & Mathematics</i>				
	5	Siswa mampu menyesuaikan diri dalam situasi diskusi yang dinamis					
	6	Siswa berkontribusi dalam mencari solusi saat terjadi perbedaan pendapat					
Pembagian tugas yang adil	7	Siswa menerima dan melaksanakan tugas yang telah disepakati bersama					
	8	Siswa tidak membebankan tugas kepada anggota lain					
	9	Siswa menyelesaikan tugas dengan tanggung jawab					
Penghargaan terhadap kontribusi anggota	10	Siswa menghargai pendapat dan kontribusi anggota tim lainnya	<i>Engineering</i>				
	11	Siswa memberikan apresiasi terhadap usaha anggota tim					
	12	Siswa tidak mendominasi diskusi dan memberi kesempatan kepada anggota lain untuk berbicara					

Keterlibatan dalam refleksi dan evaluasi tim	13	Siswa memberikan masukan konstruktif terhadap kinerja tim	<i>Engineering & Technology</i>				
	14	Siswa menunjukkan sikap reflektif terhadap peran dan kontribusinya dalam tim					
	15	Siswa bersama tim mengevaluasi proses kerja untuk meningkatkan efektivitas kerja sama					

Lampiran 3.4 Lembar Penilaian Presentasi Proyek

Nama Pengamat : _____

Kelompok : _____

Tanggal : _____

Petunjuk :

1. Pengamat memberikan skor berdasarkan keterlaksanaan setiap aspek menggunakan skala Likert 1-4:

1 = Sangat kurang

2 = Kurang

3 = Baik

4 = Sangat baik

2. Lembar ini diisi selama proses pembelajaran berlangsung.

Indikator	No.	Aspek yang dinilai	Komponen STEM	Skor			
				1	2	3	4
Kejelasan dalam menyampaikan ide dan solusi	1	Ide yang disampaikan jelas dan mudah dipahami	<i>Science, Engineering, & Technology</i>				
	2	Urutan penyampaian ide runtut dan logis					
	3	Menggunakan bahasa yang efektif dan komunikatif					
Penggunaan komunikasi untuk berbagai tujuan	4	Penyampaian informasi sesuai dengan tujuan komunikasi					
	5	Menggunakan variasi komunikasi verbal dan nonverbal					
	6	Dapat menyesuaikan gaya komunikasi dengan audiens					
Pemanfaatan teknologi dalam presentasi proyek	7	Menggunakan media pendukung yang relevan (slide, gambar, video)	<i>Technology & Mathematics</i>				
	8	Menyajikan informasi dengan desain yang menarik dan mudah dipahami					

	9	Mampu mengoperasikan teknologi pendukung presentasi dengan baik					
Efektivitas komunikasi dalam tim	10	Berkontribusi aktif dalam diskusi kelompok	<i>Engineering</i>				
	11	Menghargai pendapat anggota tim dalam presentasi					
	12	Menyelesaikan konflik komunikasi dalam tim secara konstruktif					

Lampiran 3.5 Angket *Peer Assessment* Kemampuan Kolaborasi

Nama Siswa yang Dinilai : _____

Kelas/kelompok : _____

Petunjuk Penggunaan

1. Bacalah setiap pernyataan dengan cermat, lalu beri tanda (✓) pada kolom yang sesuai dengan pendapat Anda.
2. Skala penilaian yang digunakan:
1 = Sangat Tidak Setuju
2 = Tidak Setuju
3 = Setuju
4 = Sangat Setuju

Indikator	No.	Aspek yang dinilai		Skor			
				1	2	3	4
Kerja sama aktif dalam tim	1	Teman saya aktif memberikan ide selama diskusi kelompok.	<i>Science, Engineering, & Mathematics</i>				
	2	Teman saya menyelesaikan tugas yang menjadi tanggung jawabnya dengan tepat waktu.					
	3	Teman saya membantu anggota kelompok yang mengalami kesulitan.					
	4	Teman saya menggunakan waktu dengan efisien untuk menyelesaikan tugas kelompok.					
	5	Teman saya tidak bermain-main saat bekerja dalam kelompok.					
Fleksibilitas dalam	6	Teman saya mau mencoba cara baru jika	<i>Engineering</i>				

berdiskusi dan menyelesaikan masalah		ide awalnya tidak berhasil.					
	7	Teman saya tidak marah ketika pendapatnya tidak dipilih kelompok.					
	8	Teman saya bersedia mengubah rencana jika disepakati bersama.					
	9	Teman saya bekerja sama dengan semua anggota tanpa pilih-pilih.					
	10	Teman saya tidak memaksakan keinginannya pada kelompok.					
Pembagian tugas yang adil	11	Teman saya bersedia mengerjakan bagian tugas yang sulit.					
	12	Teman saya tidak mengambil semua tugas untuk dirinya sendiri.					
	13	Teman saya membagi tugas sesuai kemampuan masing-masing anggota.					
	14	Teman saya mau bertukar tugas jika diperlukan.					
	15	Teman saya memastikan semua anggota mendapat bagian yang adil.					
Penghargaan terhadap kontribusi anggota	16	Teman saya mengucapkan "terima kasih" saat dibantu.					
	17	Teman saya tidak mengejek kesalahan anggota kelompok.					
	18	Teman saya memberikan pujian atas usaha anggota lain.					
	19	Teman saya mau meminta maaf jika melakukan kesalahan.					
	20	Teman saya tidak menyalahkan anggota lain saat terjadi masalah.					

Keterlibatan dalam refleksi dan evaluasi tim	21	Teman saya aktif mencari solusi bersama anggota lain.				
	22	Teman saya membantu menyelesaikan pertengkar di kelompok.				
	23	Teman saya tidak menyimpan dendam setelah masalah selesai.				
	24	Teman saya memberikan saran untuk perbaikan kelompok.				
	25	Teman saya mau menerima masukan dari anggota lain.				
	26	Teman saya tidak menyalahkan orang lain saat penilaian.				

Lampiran 3.6 Angket Refleksi Siswa

Nama: _____

Kelas: _____

Petunjuk:

1. Bacalah setiap pernyataan dengan cermat, lalu beri tanda (✓) pada kolom yang sesuai dengan pendapat Anda.

2. Skala penilaian yang digunakan:

1 = Sangat Tidak Setuju

2 = Tidak Setuju

3 = Setuju

4 = Sangat Setuju

Tahapan PjBL berbasis STEM	No.	Aspek yang dinilai	Skor			
			1	2	3	4
Identifikasi Masalah atau Tantangan Nyata (<i>Science</i>)	1	Saya memahami masalah yang harus diselesaikan dalam proyek ini.				
	2	Saya dapat menghubungkan masalah proyek dengan kehidupan sehari-hari.				
	3	Saya dapat bekerja sama dengan teman untuk menentukan masalah yang paling relevan.				
Penyelidikan dan Eksplorasi (<i>Science</i>)	4	Saya aktif dalam mengumpulkan informasi dan melakukan eksplorasi.				
	5	Saya dapat bekerja sama dengan teman dalam mencari referensi dan data pendukung.				
	6	Saya memahami konsep STEM yang diperlukan untuk proyek ini.				
	7	Saya mengalami kesulitan dalam mencari informasi (jika ya, sebutkan alasannya di kolom komentar).				
Perancangan dan Perencanaan Proyek (<i>Engineering & Technology</i>)	8	Saya dapat menyusun rencana pengerjaan proyek dengan jelas.				
	9	Saya berdiskusi dengan tim untuk membagi tugas secara adil.				
	10	Saya dapat mengungkapkan pendapat dan mendengarkan masukan dari anggota tim.				
	11	Saya mengalami kesulitan dalam merancang proyek (jika ya, sebutkan alasannya di kolom komentar).				
Pembuatan dan Pengembangan Produk (<i>Engineering, Technology, & Math</i>)	12	Saya dapat bekerja sama dalam kelompok untuk membuat proyek.				
	13	Saya menerapkan konsep STEM dalam proses pembuatan proyek.				
	14	Saya menggunakan alat dan bahan dengan baik dan aman.				
Pengujian dan Evaluasi	15	Saya memahami cara menguji proyek yang telah dibuat.				

(Engineering, Technology, & Math)	16	Saya dapat mengevaluasi hasil proyek berdasarkan hasil pengujian.				
	17	Saya dapat memberikan saran untuk perbaikan proyek berdasarkan hasil evaluasi.				
Presentasi dan Komunikasi Hasil (STEM)	18	Saya dapat menjelaskan hasil proyek kepada teman dan guru dengan baik.				
	19	Saya menggunakan media atau teknologi yang sesuai dalam presentasi.				
	20	Saya dapat menjawab pertanyaan dari teman atau guru terkait proyek.				
Refleksi dan Perbaikan (STEM)	21	Saya dapat mengidentifikasi tantangan yang saya hadapi selama proyek berlangsung.				
	22	Saya dapat menyadari manfaat dari pembelajaran berbasis proyek ini dalam meningkatkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi saya.				
	23	Saya memiliki kesempatan untuk merefleksikan pengalaman saya dan memberikan masukan untuk perbaikan pembelajaran ke depan.				

Lampiran 3.7 Lembar Hasil Validasi Modul Ajar

LEMBAR VALIDASI

MODUL AJAR PEMBELAJARAN MODEL *PROJECT – STEM BASED LEARNING*

A. IDENTITAS PENELITIAN

Nama : Lingga Saniman Derajat
 NIM : 230103210018
 Judul Tesis : Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning*
 Terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi
 Siswa Pada Materi Perubahan Energi Kelas V MI Sunan
 Kalijogo Karangbesuki

B. TUJUAN

Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kevalidan modul ajar dalam pelaksanaan pembelajaran model *project-STEM based learning* terhadap kemampuan komunikasi dan kolaborasi siswa pada materi perubahan energi kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki.

C. PETUNJUK

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna point validitas adalah 1 (tidak baik); 2 (kurang baik); 3 (cukup baik); 4 (baik); 5 (sangat baik).

D. PENILAIAN

No.	Komponen Modul	Aspek yang Dinilai	Skor				
			1	2	3	4	5
Informasi Umum							
1.	Identitas penulis modul	Terdiri dari; nama penyusun, tahun, institusi, jenjang sekolah, tingkat kelas dan alokasi waktu.				✓	
2.	Kompetensi awal	Kompetensi berupa pengetahuan dan keterampilan peserta didik.				✓	
3.	Profil pelajar Pancasila	Memiliki 4 elemen Pancasila.				✓	
4.	Sarana prasarana dan	Memiliki sumber dan bahan ajar serta alat & bahan yang diperlukan untuk kegiatan pembelajaran.				✓	
5.	Target peserta didik	Memiliki beberapa target peserta didik yaitu: peserta didik reguler dan peserta				✓	

		didik dengan pencapaian tinggi.							
6.	Model pembelajaran yang digunakan	Terdapat komponen model pembelajaran atau rangkaian pembelajaran dalam pelaksanaan pembelajaran					✓		
Komponen Inti									
7.	Tujuan pembelajaran	Kesesuaian dengan prinsip STEM (<i>Science, Technology, Engineering, dan Mathematics</i>)					✓		
8.		Kesesuaian dengan proses dan hasil belajar yang diharapkan untuk dicapai.					✓		
9.	Pemahaman bermakna	Kesesuaian informasi tentang manfaat yang akan peserta didik peroleh.					✓		
10.	Pertanyaan pematik	Kesesuaian pertanyaan dengan tujuan pembelajaran dan menumbuhkan rasa ingin tau pada peserta didik.					✓		
11.	Kegiatan pembelajaran	Langkah kegiatan pembelajaran secara berurutan sesuai dengan tahapan yang direncanakan meliputi 3 tahap yakni pendahuluan, inti dan penutup berbasis metode pembelajaran aktif.					✓		
12.		Langkah kegiatan pembelajaran sesuai dengan langkah pembelajaran <i>project-STEM based learning</i> (identifikasi masalah, penyelidikan, perencanaan, pembuatan, pengujian, presentasi, dan perbaikan).					✓		
13.		Setiap langkah pembelajaran <i>project-STEM based learning</i> (identifikasi masalah, penyelidikan, perencanaan, pembuatan, pengujian, presentasi, dan perbaikan) mengikuti prinsip STEM							
14.		Langkah kegiatan pembelajaran dapat mendorong kemampuan							

		komunikasi dan kolaborasi siswa.						
15.	Refleksi peserta didik dan pendidik	Kesesuaian Pemberian umpan balik hingga mencapai tujuan belajar.				✓		
Lampiran								
16.	Lembar kerja peserta didik	Memiliki lembar kerja peserta didik yang akan di laksanakan pada proses pembelajaran.				✓		
17.		LKPD sesuai dengan kegiatan dan dapat mengevaluasi kompetensi peserta didik.				✓		
18.		Tampilan menarik, konsisten, dan mudah dipahami				✓		
19.	Bahan bacaan guru dan peserta didik/siswa	Memiliki bahan bacaan yang di gunakan oleh guru.				✓		
20.	Asesmen	Asesmen sesuai dengan tujuan pembelajaran. Terdiri dari asesmen sebelum pembelajaran (diagnostik). Asesmen selama proses (formatif), dan asesmen pada akhir proses pembelajaran (sumatif).				✓		
21.	Glosarium	Istilah-istilah dalam bidang secara alfabetikal dan di lengkapi dengan definisi dan artinya.				✓		
22.	Daftar pustaka	Sumber sumber relevan dengan dengan penggunaan proses belajar.				✓		
Jumlah								
Rata-rata								

E. KOMENTAR DAN SARAN

Ada beberapa kesalahan kecil.
 Sh. mks UIN → seharusnya buku &
 ad manusia integrasi

LEMBAR VALIDASI

OBSERVASI PEMBELAJARAN MODEL *PROJECT-STEM BASED LEARNING*

A. IDENTITAS PENELITIAN

Nama : Lingga Saniman Derajat
 NIM : 230103210018
 Judul Tesis : Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning*
 Terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi
 Siswa Pada Materi Perubahan Energi Kelas V MI
 Sunan Kalijogo Karangbesuki

B. TUJUAN

Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kevalidan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dalam pelaksanaan pembelajaran model *project-STEM based learning* terhadap kemampuan komunikasi dan kolaborasi siswa pada materi perubahan energi kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki.

C. PETUNJUK

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna point validitas adalah 1 (tidak baik); 2 (kurang baik); 3 (cukup baik); 4 (baik); 5 (sangat baik).

D. PENILAIAN

No.	Aspek yang Dinilai	Skor				
		1	2	3	4	5
Format						
1.	Format mudah untuk dipahami dan jelas sehingga memudahkan melakukan penilaian.				✓	
Isi						
2.	Kesesuaian aspek yang dinilai dengan tujuan pembelajaran <i>project-STEM based learning</i> .				✓	
3.	Kejelasan indikator keterlaksanaan dalam setiap tahap.				✓	
4.	Kesesuaian indikator dengan tahapan <i>project-STEM based learning</i> .				✓	

Lampiran 3.8 Lembar Hasil Validasi Observasi Pembelajaran

Lampiran 3.9 Lembar Hasil Observasi Kemampuan Komunikasi

LEMBAR VALIDASI OBSERVASI KEMAMPUAN KOMUNIKASI SISWA

A. IDENTITAS PENELITIAN

Nama : Lingga Saniman Derajat
NIM : 230103210018
Judul Tesis : Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning* Terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi Siswa Pada Materi Perubahan Energi Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki

B. TUJUAN

Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kevalidan lembar observasi kemampuan komunikasi siswa dalam pembelajaran model *project-STEM based learning* pada materi perubahan energi kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki.

C. PETUNJUK

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia.
2. Makna point validitas adalah 1 (tidak baik); 2 (kurang baik); 3 (cukup baik); (baik); 5 (sangat baik).

D. PENILAIAN

No.	Aspek yang Dinilai	Skor				
		1	2	3	4	5
Format						
1.	Format mudah untuk dipahami dan jelas sehingga memudahkan melakukan penilaian.				✓	
Isi						
2.	Indikator mencerminkan kemampuan komunikasi yang diukur.				✓	
3.	Komponen STEM yang dicantumkan sesuai dengan indikator.				✓	
4.	Pernyataan tiap aspek observasi jelas dan tidak ambigu.				✓	

5.	Indikator dapat diobservasi dan diukur secara objektif.				✓	
6.	Instrumen mencakup aspek komunikasi secara menyeluruh.				✓	
7.	Mudah digunakan oleh guru saat pembelajaran berlangsung.				✓	
Jumlah						
Rata-rata						

E. KOMENTAR DAN SARAN

.....

.....

.....

F. KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian yang dilakukan, maka validasi lembar observasi observasi kemampuan komunikasi siswa dalam pembelajaran model *project-STEM based learning* dinyatakan:

<input type="checkbox"/>	Layak diujikan tanpa revisi
<input type="checkbox"/>	Layak diujikan dengan revisi
<input type="checkbox"/>	Tidak layak diujikan

(Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia dan sesuai dengan kesimpulan)

Malang, Mei 2025

Validator Ahli Pembelajaran


Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes
 NIP. 197508081999031003

Lampiran 3.10. Lembar Hasil Validasi Observasi Kolaborasi

LEMBAR VALIDASI OBSERVASI KEMAMPUAN KOLABORASI SISWA

A. IDENTITAS PENELITIAN

Nama : Lingga Saniman Derajat
NIM : 230103210018
Judul Tesis : Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning* Terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi Siswa Pada Materi Perubahan Energi Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki

B. TUJUAN

Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kevalidan lembar observasi kemampuan kolaborasi siswa dalam pembelajaran model *project-STEM based learning* pada materi perubahan energi kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki.

C. PETUNJUK

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna point validitas adalah 1 (tidak baik); 2 (kurang baik); 3 (cukup baik) (baik); 5 (sangat baik).

D. PENILAIAN

No.	Aspek yang Dinilai	Skor				
		1	2	3	4	5
Format						
1.	Format mudah untuk dipahami dan jelas sehingga memudahkan melakukan penilaian.				✓	
Isi						
2.	Indikator mencerminkan kemampuan kolaborasi yang diukur.				✓	
3.	Komponen STEM yang dicantumkan sesuai dengan indikator.				✓	
4.	Pernyataan tiap aspek observasi jelas dan tidak ambigu.				✓	

5.	Instrumen mencakup semua aspek penting dalam presentasi proyek.					✓
Jumlah						
Rata-rata						

E. KOMENTAR DAN SARAN

.....

F. KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian yang dilakukan, maka validasi lembar penilaian kemampuan komunikasi siswa melalui presentasi proyek dinyatakan:

✓	Layak diujikan tanpa revisi
	Layak diujikan dengan revisi
	Tidak layak diujikan

(Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia dan sesuai dengan kesimpulan)

Malang, 15 Mei 2025

Validator Ahli Pembelajaran



Dr. H. Agus Mulvono, M.Kes
 NIP. 197508081999031003

Lampiran 3.11 Lembar Hasil Validasi Penilaian Presentasi Proyek

LEMBAR VALIDASI PENILAIAN PRESENTASI PROYEK

A. IDENTITAS PENELITIAN

Nama : Lingga Saniman Derajat
NIM : 230103210018
Judul Tesis : Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning* Terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi Siswa Pada Materi Perubahan Energi Kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki

B. TUJUAN

Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kevalidan lembar penilaian kemampuan komunikasi siswa melalui presentasi proyek dalam pembelajaran model *project-STEM based learning* pada materi perubahan energi kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki.

C. PETUNJUK

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna point validitas adalah 1 (tidak baik); 2 (kurang baik); 3 (cukup baik); 4 (baik); 5 (sangat baik).

D. PENILAIAN

No.	Aspek yang Dinilai	Skor				
		1	2	3	4	5
Format						
1.	Format mudah untuk dipahami dan jelas sehingga memudahkan melakukan penilaian.				✓	
Isi						
2.	Indikator sesuai dengan tujuan penilaian presentasi proyek.				✓	
3.	Indikator dapat diamati secara objektif selama presentasi.				✓	
4.	Aspek penilaian mewakili komponen STEM yang sesuai.				✓	

5.	Instrumen mencakup semua aspek penting dalam presentasi proyek.				✓
Jumlah					
Rata-rata					

E. KOMENTAR DAN SARAN

.....

F. KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian yang dilakukan, maka validasi lembar penilaian kemampuan komunikasi siswa melalui presentasi proyek dinyatakan:

✓	Layak diujikan tanpa revisi
	Layak diujikan dengan revisi
	Tidak layak diujikan

(Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia dan sesuai dengan kesimpulan)

Malang, 17 Mei 2025

Validator Ahli Pembelajaran


Dr. H. Agus Mulvono, M.Kes
 NIP. 197508081999031003

LEMBAR VALIDASI
ANGKET REFLEKSI SISWA

A. IDENTITAS PENELITIAN

Nama : Lingga Saniman Derajat
NIM : 230103210018
Judul Tesis : Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning*
Terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi
Siswa Pada Materi Perubahan Energi Kelas V MI
Sunan Kalijogo Karangbesuki

B. TUJUAN

Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kevalidan angket refleksi siswa dalam pelaksanaan pembelajaran model model *project-STEM based learning* terhadap kemampuan komunikasi dan kolaborasi siswa pada materi perubahan energi kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki.

C. PETUNJUK

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia.
2. Makna point validitas adalah 1 (tidak baik); 2 (kurang baik); 3 (cukup baik); 4 (baik); 5 (sangat baik).

D. PENILAIAN

No.	Aspek yang Dinilai	Skor				
		1	2	3	4	5
Format						
1.	Kejelasan petunjuk pengisian angket.				✓	
Isi						
2.	Pernyataan mencerminkan tahapan dalam pembelajaran proyek berbasis STEM.				✓	
3.	Pernyataan mencerminkan pengalaman nyata yang dialami siswa.				✓	
4.	Pernyataan mencerminkan kemampuan komunikasi dan kolaborasi siswa dalam pembelajaran proyek berbasis STEM.				✓	

Lampiran 3.12 Lembar Hasil Validasi Angket Refleksi

5.	Mendorong kesadaran reflektif siswa terhadap proses dan hasil belajar.				✓
6.	Praktis digunakan guru dalam kegiatan refleksi di akhir proyek.				✓
Bahasa					
7.	Kebenaran tata bahasa yang digunakan (sesuai dengan aturan bahasa Indonesia yang baik dan benar).				✓
8.	Menggunakan pilihan kata yang sederhana dan jelas.				✓
9.	Bahasa yang dipilih mudah dipahami oleh peserta didik.		✓	✓	✓
Jumlah					
Rata-rata					

E. KOMENTAR DAN SARAN

Ada beberapa kalimat ts perlu
disederhanakan agar bisa dipahami siswa.

F. KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian yang dilakukan, maka validasi angket refleksi siswa dalam pelaksanaan pembelajaran model model *project-STEM based learning* dinyatakan:

<input type="checkbox"/>	Layak diujikan tanpa revisi
<input checked="" type="checkbox"/>	Layak diujikan dengan revisi
<input type="checkbox"/>	Tidak layak diujikan

(Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia dan sesuai dengan kesimpulan)

Malang, 19 Mei 2025

Validator Ahli Instrumen

Dr. H. Agus Mulvono, M.Kes
NIP. 197508081999031003

Lampiran 3.13 Lembar Hasil Validasi Angket *Peer Assesment*

LEMBAR VALIDASI

ANGKET *PEER ASSESSMENT* KEMAMPUAN KOLABORASI

A. IDENTITAS PENELITIAN

Nama : Lingga Saniman Derajat
NIM : 230103210018
Judul Tesis : Pengaruh Model *Project-STEM Based Learning*
Terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi
Siswa Pada Materi Perubahan Energi Kelas V MI
Sunan Kalijogo Karangbesuki

B. TUJUAN

Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kevalidan angket *peer assessment* kemampuan kolaborasi dalam pembelajaran model *project-STEM based learning* pada materi perubahan energi kelas V MI Sunan Kalijogo Karangbesuki.

C. PETUNJUK

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna point validitas adalah 1 (tidak baik); 2 (kurang baik); 3 (cukup baik); 4 (baik); 5 (sangat baik).

D. PENILAIAN

No.	Aspek yang Dinilai	Skor				
		1	2	3	4	5
Format						
1.	Kejelasan petunjuk pengisian angket.				✓	
Isi						
2.	Pernyataan mewakili indikator kolaborasi dengan tepat.				✓	
3.	Pernyataan memungkinkan siswa memberikan penilaian jujur.				✓	
4.	Semua dimensi kolaborasi (kerja sama, fleksibilitas, pembagian tugas, penghargaan, refleksi) terwakili.				✓	
5.	Pernyataan sesuai dengan konteks pembelajaran proyek berbasis STEM.				✓	

6.	Kemudahan instrumen digunakan oleh pengamat di lapangan.				✓	
Bahasa						
7.	Kebenaran tata bahasa yang digunakan (sesuai dengan aturan bahasa Indonesia yang baik dan benar).				✓	
8.	Menggunakan pilihan kata yang sederhana dan jelas.				✓	
9.	Bahasa yang dipilih mudah dipahami oleh peserta didik.				✓	
Jumlah						
Rata-rata						

E. KOMENTAR DAN SARAN

perlu disederhanakan (poin 2) dan ts dikurangi.

F. KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian yang dilakukan, maka validasi angket *peer assessment* kemampuan kolaborasi dalam pembelajaran model *project-STEM based learning* dinyatakan:

	Layak diujikan tanpa revisi
✓	Layak diujikan dengan revisi
	Tidak layak diujikan

(Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian dengan memberikan tanda (✓) pada kolom yang tersedia dan sesuai dengan kesimpulan)

Malang, 9 Mei 2023

Validator Ahli Instrumen


Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes
 NIP. 197508081999031003

Lampiran 4.1 Hasil Observasi Keterlaksanaan Model Pembelajaran *Project-STEM Based Learning*

Tahapan	Aspek	Skor
Identifikasi masalah atau tantangan nyata	1	4
	2	4
	3	4
Penyelidikan dan eksplorasi	4	3
	5	3
	6	3
Perancangan dan perencanaan proyek	7	4
	8	4
	9	4
Pembuatan dan Pengembangan Produk	10	4
	11	4
	12	4
Pengujian dan evaluasi	13	4
	14	3
	15	3
Presentasi dan komunikasi hasil	16	4
	17	4
	18	4
Refleksi dan perbaikan	19	4
	20	3
	21	3
Jumlah		77,00
Presentase		91,67%

Lampiran 4.2 Hasil Observasi Komunikasi

Indikator	No.	Aspek	Eksperimen		Kontrol	
			Skor	P%	Skor	P%
Kejelasan dalam menyampaikan ide dan solusi	1	Siswa menyampaikan ide dengan jelas dan mudah dipahami.	3,58	89,58	2,29	57,14
	2	Penjelasan runtut dan masuk akal.	3,69	92,36	2,43	60,71
	3	Menggunakan bahasa yang sesuai.	3,61	90,28	2,51	62,86
Kemampuan mendengarkan aktif	4	Siswa memperhatikan saat teman bicara.	3,61	90,28	2,49	62,14
	5	Memberi tanggapan sesuai.	3,64	90,97	2,49	62,14
	6	Tidak menyela saat teman belum selesai bicara.	3,61	90,28	2,14	53,57
Penggunaan komunikasi untuk berbagai tujuan	7	Siswa menyampaikan informasi sesuai tujuan.	3,58	89,58	2,29	57,14
	8	Menggunakan ekspresi dan gerakan yang mendukung.	3,36	84,03	2,57	64,29
	9	Menyampaikan pesan dengan berbagai cara (bicara, menulis, gerak).	3,67	91,67	2,54	63,57
Pemanfaatan teknologi dalam presentasi proyek	10	Siswa memakai media seperti slide/gambar/video yang sesuai.	3,5	87,5	2,69	67,14
	11	Informasi mudah dipahami.	3,5	87,5	2,71	67,86
	12	Siswa bisa menjelaskan isi media dengan baik.	3,47	86,81	2,51	62,86
Efektivitas komunikasi dalam tim	13	Siswa aktif saat diskusi kelompok.	3,44	86,11	2,46	61,43
	14	Menghargai pendapat teman.	3,56	88,89	2,26	56,43
	15	Terbuka terhadap kritik dan saran.	3,33	83,33	2,54	63,57
Jumlah			53,15	1329,17	36,92	922,85
Rata-rata			3,54	88,61	2,46	61,52

Lampiran 4.3 Hasil Penilaian Presentasi

Indikator	No.	Respon	
		S	P
Kejelasan dalam menyampaikan ide dan solusi	1	3,61	90,28
	2	3,64	90,97
	3	3,69	92,36
Kemampuan mendengarkan aktif	4	3,67	91,67
	5	3,53	88,19
	6	3,56	88,89
Penggunaan komunikasi untuk berbagai tujuan	7	3,61	90,28
	8	3,61	90,28
	9	3,39	84,72
Pemanfaatan teknologi dalam presentasi proyek	10	3,61	90,28
	11	3,58	89,58
	12	3,58	89,58
Efektivitas komunikasi dalam tim	13	3,58	89,58
	14	3,61	90,28
	15	3,64	90,97
Jumlah		53,91	1347,91
Rata-rata		3,594	89,8607

Lampiran 4.4 Hasil Observasi Kemampuan Kolaborasi

Indikator	No.	Pernyataan	Eksperimen		Kontrol	
			S	P	S	P
Kerja sama aktif dalam tim	1	Siswa ikut aktif dalam diskusi kelompok.	3,53	88,2	2,09	52,1
	2	Siswa membantu teman yang kesulitan.	3,78	94,4	2,4	60
	3	Siswa memakai bahasa yang mudah dimengerti saat berbicara.	3,89	97,2	2,34	58,6
Fleksibilitas dalam berdiskusi dan menyelesaikan masalah	4	Siswa mengerjakan tugas sesuai bagiannya.	3,81	95,1	2,4	60
	5	Siswa bisa menyesuaikan diri saat diskusi berubah-ubah.	3,78	94,4	2,37	59,3
	6	Siswa ikut mencari solusi jika ada perbedaan pendapat.	3,28	81,9	2,37	59,3
Pembagian tugas yang adil	7	Siswa menerima dan mengerjakan tugas yang sudah disepakati.	3,97	99,3	2,46	61,4
	8	Siswa tidak membebani tugas ke teman lain.	3,67	91,7	2,49	62,1
	9	Siswa bertanggung jawab menyelesaikan tugasnya.	3,69	92,4	2,46	61,4
Penghargaan terhadap kontribusi anggota	10	Siswa menghargai pendapat dan usaha teman.	3,47	86,8	2,46	61,4
	11	Siswa memberi pujian pada teman yang berusaha.	3,67	91,7	2,43	60,7
	12	Siswa tidak mendominasi diskusi dan memberi kesempatan teman berbicara.	3,5	87,5	2,31	57,9
Keterlibatan dalam refleksi dan evaluasi tim	13	Siswa memberi masukan yang baik untuk tim.	2,89	72,2	2,37	59,3
	14	Siswa berpikir tentang peran dan usahanya di tim.	3,08	77,1	2,34	58,6
	15	Siswa bersama teman mengevaluasi kerja supaya lebih baik.	3,08	77,1	2,17	54,3
Jumlah			53,1	1327	35,46	886
Rata-rata			3,54	88,5	2,364	59,1

Lampiran 4.5 Hasil Angket *Peer Assessment* Kemampuan Kolaborasi

Indikator	No.	Aspek yang dinilai	Respon	
			S	P
Kerja sama aktif dalam tim	1	Teman saya aktif memberi ide saat diskusi.	3,14	78,47
	2	Teman saya menyelesaikan tugas tepat waktu.	3,14	78,47
	3	Teman saya membantu teman yang kesulitan.	2,97	74,31
	4	Teman saya menggunakan waktu dengan baik untuk tugas kelompok.	3,17	79,17
	5	Teman saya tidak main-main saat kerja kelompok.	3	75
Fleksibilitas dalam berdiskusi dan menyelesaikan masalah	6	Teman saya mau coba cara baru jika cara pertama gagal.	2,94	73,61
	7	Teman saya tidak marah jika pendapatnya tidak diterima.	3,08	77,08
	8	Teman saya mau mengubah rencana kalau disetujui bersama.	3,22	80,56
	9	Teman saya bekerja sama dengan semua teman.	3,25	81,25
	10	Teman saya tidak memaksa kehendaknya pada kelompok.	3,17	79,17
Pembagian tugas yang adil	11	Teman saya mau mengerjakan tugas yang sulit.	2,86	71,53
	12	Teman saya tidak mengambil semua tugas sendiri.	3,31	82,64
	13	Teman saya membagi tugas sesuai kemampuan.	3,33	83,33
	14	Teman saya mau tukar tugas kalau perlu.	2,97	74,31
	15	Teman saya memastikan semua dapat tugas yang adil.	3,53	88,19
Penghargaan terhadap kontribusi anggota	16	Teman saya mengucapkan "terima kasih" jika dibantu.	3,28	81,94
	17	Teman saya tidak mengejek teman yang salah.	3,22	80,56
	18	Teman saya memberi pujian pada usaha teman.	3,31	82,64
	19	Teman saya mau minta maaf kalau salah.	3,17	79,17
	20	Teman saya tidak menyalahkan teman lain saat ada masalah.	3,25	81,25
Keterlibatan dalam refleksi dan evaluasi tim	21	Teman saya aktif mencari solusi dengan teman.	3	75
	22	Teman saya membantu menyelesaikan masalah di kelompok.	3,08	77,08
	23	Teman saya tidak menyimpan dendam setelah masalah selesai.	3,28	81,94

	24	Teman saya memberi saran untuk perbaikan kelompok.	3,31	82,64
	25	Teman saya mau menerima saran dari teman.	3,22	80,56
	26	Teman saya tidak menyalahkan orang lain saat penilaian.	3,39	84,72
Jumlah			82,59	2064,59
Rata-rata			3,17654	79,4073

Lampiran 4.6 Hasil Uji Normalitas

Descriptives				
	Kelas		Statistic	Std. Error
Komunikasi	Eksperimen	Mean	53.92	.310
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 53.29	
			Upper Bound 54.55	
		5% Trimmed Mean	53.94	
		Median	54.00	
		Variance	3.450	
		Std. Deviation	1.857	
		Minimum	50	
		Maximum	57	
		Range	7	
		Interquartile Range	3	
		Skewness	-.183	.393
		Kurtosis	-.759	.768
	Kontrol	Mean	36.91	.541
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 35.81	
			Upper Bound 38.01	
		5% Trimmed Mean	36.83	
		Median	37.00	
		Variance	10.257	
		Std. Deviation	3.203	
		Minimum	31	
		Maximum	44	
		Range	13	
		Interquartile Range	4	
		Skewness	.265	.398
		Kurtosis	-.067	.778
Kolaborasi	Eksperimen	Mean	68.92	.684
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 67.53	
			Upper Bound 70.30	
		5% Trimmed Mean	68.99	
		Median	69.00	
		Variance	16.821	
		Std. Deviation	4.101	
		Minimum	60	
		Maximum	77	
		Range	17	
		Interquartile Range	6	
		Skewness	-.113	.393
		Kurtosis	-.055	.768

	Kontrol	Mean	35.46	.691
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	34.05
			Upper Bound	36.86
		5% Trimmed Mean	35.51	
		Median	35.00	
		Variance	16.726	
		Std. Deviation	4.090	
		Minimum	27	
		Maximum	43	
		Range	16	
		Interquartile Range	7	
		Skewness	-.197	.398
		Kurtosis	-.644	.778

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Kelas	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Komunikasi	Eksperimen	.165	36	.015	.955	36	.147
	Kontrol	.125	35	.183	.964	35	.297
Kolaborasi	Eksperimen	.083	36	.200*	.978	36	.693
	Kontrol	.084	35	.200*	.981	35	.797

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Lampiran 4.6 Hasil Uji Homogenitas
Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Komunikasi	Based on Mean	6.870	1	69	.011
	Based on Median	6.621	1	69	.012
	Based on Median and with adjusted df	6.621	1	51.683	.013
	Based on trimmed mean	7.286	1	69	.009
Kolaborasi	Based on Mean	.017	1	69	.898
	Based on Median	.013	1	69	.911
	Based on Median and with adjusted df	.013	1	68.944	.911
	Based on trimmed mean	.019	1	69	.890

Lampiran 4.6 Hasil Uji *Independent t-test*
Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Komunikasi	Equal variances assumed	6.870	.011	27.458	69	.000	17.002	.619	15.767	18.238
	Equal variances not assumed			27.264	54.238	.000	17.002	.624	15.752	18.253
Kolaborasi	Equal variances assumed	.017	.898	34.415	69	.000	33.460	.972	31.520	35.399
	Equal variances not assumed			34.417	68.954	.000	33.460	.972	31.520	35.399

Lampiran 4.9 Hasil Algoritme PLS-SEM
Hasil Koefisien Jalur-Path Coefficients

	Kemampuan Kolaborasi	Kemampuan Komunikasi	Model Project-STEM
Kemampuan Kolaborasi			
Kemampuan Komunikasi			
Model Project-STEM	0.361	0.329	

Hasil Outer Loading

	Kemampuan Kolaborasi	Kemampuan Komunikasi	Model Project-STEM
Identifikasi			0.708
Pembuatan			0.666
Pengujian			0.855
Penyelidikan			0.824
Perencanaan			0.646
Presentasi			0.828
Refleksi			0.921
Keterlibatan	0.780		
Menghargai	0.863		
Fleksibel	0.911		
Aktif	0.924		
Adil	0.934		
Efektivitas		0.672	
Teknologi		0.695	
Komunikasi		0.724	
Mendengar		0.730	
Kejelasan		0.803	

Hasil R-square

	R-square	Adjusted R-square
Kemampuan Kolaborasi	0.131	0.105
Kemampuan Komunikasi	0.108	0.082

Hasil Validitas dan Reabilitas

	Cronbach's alpha	Keandalan komposit (rho_a)	Keandalan komposit (rho_c)	Rata-rata varians diekstraksi (AVE)
Kemampuan Kolaborasi	0.930	0.955	0.947	0.782
Kemampuan Komunikasi	0.787	0.795	0.848	0.527
Model Project-STEM	0.892	0.902	0.917	0.615

Hasil Validitas Diskriminan

	Kemampuan Kolaborasi	Kemampuan Komunikasi	Model Project-STEM
Kemampuan Kolaborasi			
Kemampuan Komunikasi	0.349		
Model Project-STEM	0.383	0.363	

Hasil Kolinearitas

	VIF
Refleksi	6.942
Aktif	6.719
Adil	5.781
Fleksibel	4.902
Menghargai	3.620
Penyelidikan	3.609
Presentasi	3.490
Pengujian	3.248
Kejelasan	2.285
Keterlibatan	2.006
Teknologi	1.892
Mendengar	1.809
Identifikasi	1.793
Perencanaan	1.647
Pembuatan	1.636
Efektivitas	1.538
Komunikasi	1.462

Hasil Kecocokan Model-Model Fit

	Model jenuh (saturated)	Perkiraan model
SRMR	0.103	0.110
d_ ULS	1.609	1.851
d_ G	1.056	1.071
Chi-square	163.699	165.080
NFI	0.671	0.669

Lampiran 4. 10 hasil Bootstrapping PLS-SEM

Hasil Koefisien Jalur Path Coefficient

	Sampel asli (O)	Rata-rata sampel (M)	Standar deviasi (STDEV)	T statistik (O/STDEV)	Nilai P (P values)
Model Project-STEM -> Kemampuan Kolaborasi	0.361	0.420	0.160	2.259	0.024
Model Project-STEM -> Kemampuan Komunikasi	0.329	0.403	0.148	2.227	0.026

Hasil Outer Loading Bootstrapping

	Sampel asli (O)	Rata-rata sampel (M)	Standar deviasi (STDEV)	T statistik (O/STDEV)	Nilai P (P values)
Identifikasi <- Model Project-STEM	0.708	0.694	0.119	5.930	0.000
Penyelidikan <- Model Project-STEM	0.824	0.810	0.109	7.593	0.000
Perencanaan <- Model Project-STEM	0.646	0.625	0.140	4.626	0.000
Pembuatan <- Model	0.666	0.645	0.161	4.138	0.000

Project-STEM					
Pengujian <- Model Project-STEM	0.855	0.845	0.086	9.939	0.000
Presentasi <- Model Project-STEM	0.828	0.814	0.089	9.348	0.000
Refleksi <- Model Project-STEM	0.921	0.913	0.054	17.103	0.000
Kejelasan <- Kemampuan Komunikasi	0.803	0.730	0.221	3.634	0.000
Mendengar <- Kemampuan Komunikasi	0.730	0.683	0.213	3.420	0.001
Komunikasi <- Kemampuan Komunikasi	0.724	0.675	0.225	3.213	0.001
Teknologi <- Kemampuan Komunikasi	0.695	0.597	0.267	2.601	0.009
Efektivitas <- Kemampuan Komunikasi	0.672	0.580	0.286	2.355	0.019
Aktif <- Kemampuan Kolaborasi	0.924	0.890	0.152	6.078	0.000
Fleksibel <- Kemampuan Kolaborasi	0.911	0.883	0.140	6.502	0.000
Adil <- Kemampuan Kolaborasi	0.934	0.899	0.146	6.380	0.000
Menghargai <- Kemampuan Kolaborasi	0.863	0.824	0.163	5.293	0.000
Keterlibatan <-	0.780	0.767	0.172	4.533	0.000

Kemampuan Kolaborasi					
----------------------	--	--	--	--	--

Hasil Weight Loding Bootstraping

	Sampel asli (O)	Rata-rata sampel (M)	Standar deviasi (STDEV)	T statistik (O/STDEV)	Nilai P (P values)
Adil Kemampuan Kolaborasi <-	0.220	0.208	0.082	2.683	0.007
Aktif Kemampuan Kolaborasi <-	0.229	0.205	0.114	2.001	0.045
Efektivitas Kemampuan Komunikasi <-	0.211	0.174	0.213	0.989	0.323
Fleksibel Kemampuan Kolaborasi <-	0.300	0.289	0.080	3.741	0.000
Identifikasi Model Project-STEM <-	0.170	0.167	0.056	3.025	0.002
Kejelasan Kemampuan Komunikasi <-	0.291	0.270	0.139	2.092	0.036
Keterlibatan Kemampuan Kolaborasi <-	0.240	0.265	0.214	1.122	0.262
Komunikasi Kemampuan Komunikasi <-	0.391	0.377	0.226	1.734	0.083
Mendengar Kemampuan Komunikasi <-	0.356	0.330	0.148	2.398	0.017
Menghargai Kemampuan Kolaborasi <-	0.142	0.129	0.135	1.054	0.292
Pembuatan Model Project-STEM <-	0.173	0.162	0.083	2.082	0.037
Pengujian Model Project-STEM <-	0.205	0.206	0.045	4.550	0.000

Penyelidikan <- Model Project-STEM	0.177	0.179	0.049	3.597	0.000
Perencanaan <- Model Project-STEM	0.145	0.144	0.081	1.795	0.073
Presentasi <- Model Project-STEM	0.194	0.189	0.042	4.613	0.000
Refleksi <- Model Project-STEM	0.205	0.208	0.036	5.745	0.000
Teknologi <- Kemampuan Komunikasi	0.118	0.086	0.205	0.577	0.564