

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Desain Penelitian

Penelitian eksperimen memerlukan pengendalian variabel bebas untuk menganalisis dampaknya terhadap variabel terikat (Ary, Jacobs, dan Sorensen, 2010). Dalam penelitian ini, variabel bebas mencakup pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dan langsung, sedangkan variabel terikat mencakup kemampuan pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa. Penelitian ini termasuk kategori *quasi-experimental research*, karena pemilihan subjek tidak dilakukan secara acak, dengan desain berupa *nonequivalent control group design* (Creswell, 2012). Subjek dipilih berdasarkan kelas yang ada untuk menjaga integritas jadwal pembelajaran dan struktur kelas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pendekatan *open-ended* dalam meningkatkan kemampuan pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa dengan menerapkan metode eksperimen. Desain penelitian yang digunakan adalah *pretest-posttest control group design* (Fraenkel, 1993; Ruseffendi, 2005). Data kuantitatif dikumpulkan untuk menggambarkan perubahan kemampuan siswa sebelum dan setelah intervensi. Dalam penelitian ini, kelompok eksperimen fokus pada eksplorasi pemecahan masalah dengan pendekatan *open-ended*, sedangkan kelompok kontrol mendapatkan pengajaran terstruktur dari guru. Kedua kelompok menjalani tes awal untuk mengukur kemampuan dasar mereka, diikuti oleh perlakuan yang sesuai. Setelah perlakuan selesai, tes akhir dilaksanakan untuk mengevaluasi perkembangan kemampuan siswa. Desain ini memungkinkan pengukuran sistematis terhadap dampak metode pembelajaran yang digunakan pada kemampuan siswa.

Penelitian ini melibatkan tiga jenis variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel pengontrol. Variabel bebas adalah pendekatan pembelajaran yang digunakan, yaitu pendekatan *open-ended* pada kelompok eksperimen dan pendekatan langsung pada kelompok kontrol. Variabel terikat dalam penelitian ini

meliputi kemampuan pemahaman matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa, yang diukur untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan. Selain itu, penelitian ini juga mengontrol variabel tertentu untuk memastikan validitas hasil penelitian. Variabel pengontrol yang digunakan adalah kemampuan awal matematis siswa, yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Klasifikasi ini didasarkan pada rata-rata hasil tes matematika siswa pada materi yang telah dipelajari pada semester sebelumnya. Dengan pengendalian variabel ini, peneliti dapat memastikan bahwa hasil yang diperoleh mencerminkan pengaruh dari pendekatan pembelajaran yang digunakan, bukan karena perbedaan kemampuan awal siswa.

Penelitian ini melibatkan pengambilan sampel yang terdiri dari dua kelas untuk dijadikan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Pemilihan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik kelas yang sesuai dengan tujuan penelitian. Setelah sampel ditentukan, kedua kelompok diberikan tes awal (pretes) untuk mengukur kemampuan awal mereka sebelum diberikan perlakuan. Kelompok eksperimen diberikan perlakuan berupa pembelajaran menggunakan pendekatan *open-ended*, yang dirancang untuk mendorong siswa mengeksplorasi berbagai strategi pemecahan masalah secara kreatif. Sementara itu, kelompok kontrol diberikan perlakuan berupa pembelajaran dengan pendekatan langsung, yang menekankan pada pemberian informasi secara terstruktur dan terpadu oleh guru. Setelah perlakuan selesai, kedua kelompok diberikan tes akhir (postes) untuk mengukur peningkatan kemampuan setelah pembelajaran.

Analisis data dilakukan berdasarkan hasil pembelajaran dalam kedua kelas, baik secara keseluruhan maupun dengan mempertimbangkan kemampuan awal matematis (KAM) siswa. KAM siswa diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu tinggi, sedang, rendah, untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap siswa dengan kemampuan awal yang berbeda. Desain penelitian yang digunakan dapat digambarkan sebagai berikut.

- O X<sub>1</sub> O
- O X<sub>2</sub> O

Keterangan:

O : Tes awal atau tes akhir

X<sub>1</sub> : Perlakuan dengan pendekatan *open-ended*

X<sub>2</sub> : Perlakuan dengan pendekatan langsung

Keterkaitan antara variabel bebas, variabel terikat, dan variabel pengontrol seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Keterkaitan antara Kemampuan Pemahaman dan Komunikasi Matematis serta Kemandirian Belajar Siswa

Pembelajaran	Kemampuan Awal Matematis (KAM)	Kemampuan Pemahaman Matematis (KPM)	Kemampuan Komunikasi Matematis (KKM)	Kemandirian Belajar Siswa (KBS)
Pendekatan <i>Open-Ended</i> (E)	Tinggi (H)	KPMHE	KKMHE	KBSHE
	Sedang (M)	KPMME	KKMME	KBSME
	Rendah (L)	KPMLE	KKMLE	KBSLE
	Total (T)	KPMTE	KKMTE	KBSTE
Pembelajaran Langsung (K)	Tinggi (H)	KPMHK	KKMHK	KBSHK
	Sedang (M)	KPMMK	KKMMK	KBSMK
	Rendah (L)	KPMLK	KKMLK	KBSLK
	Total (T)	KPMTK	KKMTK	KBSTK

Keterangan:

KPMHE/KPMME/KPMLE : Kemampuan pemahaman matematis siswa pada kelompok eksperimen dianalisis berdasarkan kategori kemampuan awal matematis (KAM) yang diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang, dan rendah untuk mengidentifikasi pengaruh pembelajaran menggunakan pendekatan *open-ended* terhadap setiap kelompok kemampuan awal.

KPMTE : Kemampuan pemahaman matematis siswa pada kelompok eksperimen dianalisis secara menyeluruh dengan mempertimbangkan

seluruh siswa dalam kelompok tersebut, tanpa memisahkan mereka berdasarkan kategori kemampuan awal matematis, untuk memberikan gambaran umum mengenai efektivitas pembelajaran menggunakan pendekatan *open-ended* terhadap kemampuan pemahaman matematis secara keseluruhan.

KPMHK/KPMMK/KPMLK : Kemampuan pemahaman matematis siswa pada kelompok kontrol dianalisis berdasarkan kategori kemampuan awal matematis (KAM) yang diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang, dan rendah untuk mengidentifikasi pengaruh pembelajaran dengan pendekatan langsung terhadap setiap kelompok kemampuan awal.

KPMTK : Kemampuan pemahaman matematis siswa pada kelompok kontrol dianalisis secara menyeluruh dengan mempertimbangkan seluruh siswa dalam kelompok tersebut, tanpa memisahkan mereka berdasarkan kategori kemampuan awal matematis, untuk memberikan gambaran umum mengenai efektivitas pembelajaran dengan pendekatan langsung terhadap kemampuan pemahaman matematis secara keseluruhan.

KKMHE/KKMME/KKMLE : Kemampuan komunikasi matematis siswa pada kelompok eksperimen dianalisis berdasarkan kategori kemampuan awal matematis (KAM) yang diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang, dan

- rendah, untuk mengidentifikasi pengaruh pembelajaran menggunakan pendekatan *open-ended* terhadap setiap kelompok kemampuan awal
- KKMTE : Kemampuan komunikasi matematis siswa pada kelompok eksperimen dianalisis secara menyeluruh dengan mempertimbangkan seluruh siswa dalam kelompok tersebut, tanpa memisahkan mereka berdasarkan kategori kemampuan awal matematis, untuk memberikan gambaran umum mengenai efektivitas pembelajaran menggunakan pendekatan *open-ended* terhadap Kemampuan komunikasi matematis siswa secara keseluruhan.
- KKMHK/KKMMK/KKMLK : Kemampuan komunikasi matematis siswa pada kelompok kontrol dianalisis berdasarkan kategori kemampuan awal matematis (KAM) yang diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, untuk mengidentifikasi pengaruh pembelajaran dengan pendekatan langsung terhadap setiap kelompok kemampuan awal.
- KKMTK : Kemampuan komunikasi matematis siswa pada kelompok kontrol dianalisis secara menyeluruh dengan mempertimbangkan seluruh siswa dalam kelompok tersebut, tanpa memisahkan mereka berdasarkan kategori kemampuan awal matematis, untuk memberikan gambaran umum mengenai

- efektivitas pembelajaran dengan pendekatan langsung terhadap kemampuan komunikasi matematis siswa secara keseluruhan.
- KPMHE/KPMME/KPMLE : Kemandirian belajar siswa pada kelompok eksperimen dianalisis berdasarkan kategori kemampuan awal matematis (KAM) yang diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, untuk mengidentifikasi pengaruh pembelajaran menggunakan pendekatan *open-ended* terhadap setiap kelompok kemampuan awal.
- KPMTE : Kemandirian belajar siswa pada kelompok eksperimen dianalisis secara menyeluruh dengan mempertimbangkan seluruh siswa dalam kelompok tersebut, tanpa memisahkan mereka berdasarkan kategori kemampuan awal matematis, untuk memberikan gambaran umum mengenai efektivitas pembelajaran menggunakan pendekatan *open-ended* terhadap kemandirian belajar siswa secara keseluruhan.
- KPMHK/KPMMK/KPMLK : Kemandirian belajar siswa pada kelompok kontrol dianalisis berdasarkan kategori kemampuan awal matematis (KAM) yang diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, untuk mengidentifikasi pengaruh pembelajaran dengan pendekatan langsung terhadap setiap kelompok kemampuan awal.

KPMTK : Kemandirian belajar siswa pada kelompok kontrol dianalisis secara menyeluruh dengan mempertimbangkan seluruh siswa dalam kelompok tersebut, tanpa memisahkan mereka berdasarkan kategori kemampuan awal matematis, untuk memberikan gambaran umum mengenai efektivitas pembelajaran dengan pendekatan langsung terhadap kemandirian belajar siswa secara keseluruhan.

### 3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh siswa kelas XI pada salah satu Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, yang terdiri dari lima kelas dengan total 148 siswa. Kelima kelas tersebut meliputi: (1) XI Teknik Kendaraan Ringan (XI TKR) dengan 21 siswa, (2) XI Otomatisasi dan Tata Kelola Perkantoran (XI OTKP) dengan 25 siswa, (3) XI Teknik Komputer dan Jaringan 1 (XI TKJ 1) dengan 36 siswa, (4) XI Teknik Komputer dan Jaringan 2 (XI TKJ 2) dengan 36 siswa, dan (5) XI Teknik dan Bisnis Sepeda Motor (XI TBSM) dengan 30 siswa. Penentuan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan struktur kelas yang sudah ada karena tidak semua faktor yang memengaruhi validitas eksternal dapat dikendalikan, seperti kondisi kelas dan keseimbangan jadwal pelajaran antar kedua kelas. Dengan demikian, total sampel penelitian ini berjumlah 72 siswa, terdiri atas kelas XI TKJ 1 sebagai kelompok eksperimen (36 siswa) dan XI TKJ 2 sebagai kelompok kontrol (36 siswa).

Penentuan kemampuan awal matematis (KAM) siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dilakukan melalui serangkaian analisis statistik yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas varians. Uji normalitas dilakukan untuk memastikan bahwa distribusi nilai kemampuan awal matematis siswa berdasarkan data Penilaian Akhir Tahun (PAT) kelas X tahun ajaran 2023/2024 berada dalam distribusi normal. Sementara itu, uji homogenitas varians digunakan

untuk menguji kesamaan atau keseragaman varians antar siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Data hasil uji normalitas dan homogenitas ini diolah menggunakan analisis statistik tertentu guna mendapatkan gambaran yang objektif. Selanjutnya, hasil analisis deskriptif mengenai kemampuan awal matematis siswa dari kedua kelompok tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Deskriptif Data Kemampuan Awal Matematis

Kelas	Data Penilaian Akhir Tahun (PAT) Kelas X				
	N	Max	Min	Mean	Std. Deviation
Eksperimen	36	70	14	35,64	15,42
Kontrol	36	73	10	36,47	16,02

Keterangan: skor ideal adalah 100

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa rata-rata kemampuan awal matematis (KAM) siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol memiliki nilai yang relatif mendekati satu sama lain. Meskipun demikian, kesamaan tersebut memerlukan pembuktian melalui analisis statistik yang lebih mendalam. Oleh karena itu, langkah-langkah analisis selanjutnya mencakup uji normalitas, uji homogenitas varians, dan perbandingan rata-rata dua sampel untuk data KAM siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Uji normalitas dilakukan untuk mengevaluasi apakah distribusi data KAM siswa kedua kelompok bersifat normal atau tidak. Analisis ini dilaksanakan menggunakan metode uji Shapiro-Wilk dengan taraf signifikansi sebesar 5% atau 0,05. Proses pengujian dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS Statistik versi 30 untuk memastikan keakuratan hasil. Tujuan utama dari uji normalitas ini adalah memastikan bahwa distribusi data KAM siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol memenuhi asumsi normalitas sebagai syarat analisis statistik lebih lanjut.

Adapun hipotesis kerja yang dirumuskan dalam uji normalitas ini adalah sebagai berikut:

$H_0$  (Hipotesis nol) : Data KAM siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol berdistribusi normal.

$H_1$  (Hipotesis alternatif) : Data KAM siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol tidak berdistribusi normal.

Dalam pengujian normalitas, kriteria yang digunakan untuk mengambil keputusan adalah sebagai berikut: jika nilai signifikansi (*2-tailed*) lebih besar atau sama dengan 0,05, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima, yang berarti data kemampuan awal matematis (KAM) berdistribusi normal. Sebaliknya, jika nilai signifikansi (*2-tailed*) kurang dari 0,05, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak, yang menunjukkan bahwa data kemampuan awal matematis (KAM) tidak berdistribusi normal (Santoso, 2012).

Hasil pengujian normalitas pada data kemampuan awal matematis (KAM) siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dianalisis dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Proses analisis dilakukan pada taraf signifikansi 5% atau 0,05 untuk memastikan hasil yang akurat dan relevan. Hasil lengkap dari uji normalitas tersebut disajikan secara rinci dalam Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Uji Normalitas Data Kemampuan Awal Matematis

Kelompok			
	Statistik	Derajat kebebasan	Nilai-p
Eksperimen	.949	36	.097
Kontrol	.961	36	.229

Tabel 3.3 menyajikan hasil uji normalitas data awal matematis (KAM) siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai signifikansi (Sig.) uji normalitas data KAM siswa pada kelompok eksperimen adalah 0,097. Karena nilai Sig. sebesar 0,097 lebih besar dari tingkat signifikansi yang ditetapkan, yaitu 0,05 (Sig. > 0,05), maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima. Hal ini mengindikasikan bahwa data KAM siswa pada kelompok eksperimen mengikuti distribusi normal.

Selanjutnya, hasil uji normalitas untuk data KAM siswa pada kelompok kontrol menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,229. Sama seperti kelompok eksperimen, nilai Sig. sebesar 0,229 juga lebih besar dari tingkat signifikansi 0,05 (Sig. > 0,05), sehingga hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data KAM siswa pada kelompok kontrol juga berdistribusi normal. Berdasarkan kedua hasil tersebut, data KAM siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dinyatakan berdistribusi normal. Hal ini memastikan bahwa asumsi normalitas untuk kedua kelompok telah terpenuhi.

Kemudian, dilakukan pengujian homogenitas varians untuk data kemampuan awal matematis (KAM) siswa pada kelompok eksperimen dan siswa kelompok kontrol. Uji homogenitas varians dilaksanakan menggunakan metode *Levene's Test* dengan tingkat signifikansi yang ditetapkan sebesar 5% atau 0,05. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak SPSS Statistik Versi 30 guna memastikan keakuratan analisis. Homogenitas varians diperlukan agar hasil analisis statistik lebih valid dan dapat diandalkan.

Hipotesis kerja yang dirumuskan untuk pengujian homogenitas varians adalah sebagai berikut:

- $H_0$  (Hipotesis nol) : Varian data KAM siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol adalah homogen.
- $H_1$  (Hipotesis alternatif) : Varian data KAM siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol tidak homogen.

Kriteria pengujian homogenitas varians data KAM didasarkan pada nilai signifikansi yang diperoleh dari analisis statistik. Apabila nilai signifikansi (*2-tailed*) lebih besar atau sama dengan 0,05 (Sig.  $\geq$  0,05), maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima. Hal ini menunjukkan bahwa varians data KAM kedua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, bersifat homogen. Sebaliknya, apabila nilai signifikansi (*2-tailed*) kurang dari 0,05 (Sig. < 0,05), maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak. Dalam hal ini, varians data KAM pada kedua kelompok tidak homogen (Santoso, 2012).

Hasil analisis uji homogenitas varians data KAM siswa kelompok eksperimen dan siswa kelompok kontrol disajikan secara rinci pada Tabel 3.4 berikut. Tabel ini memberikan informasi tentang nilai statistik uji, tingkat signifikansi, dan keputusan terkait homogenitas varians data kedua kelompok.

Tabel 3.4 Uji Homogenitas Varians Data Kemampuan Awal Matematis

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Nilai	Based on Mean	.004	1	70	.949
	Based on Median	.001	1	70	.979
	Based on Median and with adjusted df	.001	1	69.436	.979
	Based on trimmed mean	.003	1	70	.957

Tabel 3.4 menyajikan hasil uji homogenitas varians data KAM siswa kelompok eksperimen dan kelompok kelas kontrol. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan *Levene's Test*, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,949. Karena nilai signifikasnsi tersebut lebih besar dari tingkat signifikansi yang telah ditetapkan, yaitu 0,05 ( $\text{Sig.} = 0,949 \geq 0,05$ ), maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima. berarti varians data KAM siswa kelompok eksperimen dan siswa kelompok kontrol homogen. Penerimaan  $H_0$  menunjukkan bahwa varians data KAM siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol adalah homogen. Dengan demikian, asumsi homogenitas varians untuk kedua kelompok telah terpenuhi, yang memungkinkan analisis statistik lanjutan dilakukan dengan validitas yang lebih terjamin.

Hasil uji normalitas dan uji homogenitas varians menunjukkan bahwa data KAM siswa kelompok eksperimen dan siswa kelompok kontrol berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen. Oleh karena itu, metode statistik yang digunakan untuk menganalisis perbandingan rerata antara dua sampel data KAM adalah metode statistik parametrik dengan uji-t. Analisis uji-t ini dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 30 dengan prosedur *Independent Sample*

*t*-tes pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ). Hipotesis penelitian dirumuskan dalam bentuk statistik uji dua pihak (*two-tailed test*) sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$  Tidak terdapat perbedaan rerata data KAM siswa kelompok eksperimen dan siswa kelompok kontrol.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$  Terdapat perbedaan rerata data KAM siswa kelompok eksperimen dan siswa kelompok kontrol.

Dengan kriteria pengujian yang ditetapkan, jika nilai signifikansi (*p-value*) pada hasil uji (*2-tailed*) sama dengan atau lebih besar dari 0,05, maka hipotesis nol  $H_0$  diterima, yang berarti tidak terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antara kedua kelompok. Sebaliknya, jika nilai signifikansi (*p-value*) pada hasil uji (*2-tailed*) kurang dari 0,05, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak, yang menunjukkan adanya perbedaan rata-rata yang signifikan antara kedua kelompok (Trihendradi, 2009). Hasil analisis uji perbandingan rata-rata data KAM pada kelompok eksperimen dan siswa kelompok kontrol disajikan pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Uji Perbedaan Rerata Data Kemampuan Awal Matematis

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Nilai	Equal variances assumed	.004	.949	-.225	70	.823	-.83333	3.70556	-8.22384	6.55717
	Equal variances not assumed			-.225	69.898	.823	-.83333	3.70556	-8.22403	6.55736

Tabel 3.5 menunjukkan hasil analisis uji perbedaan rerata dua sampel data KAM antara kelompok eksperimen dan siswa kelompok kontrol. Berdasarkan tabel tersebut, nilai signifikansi (Sig.) pada uji (*2-tailed*) adalah sebesar 0,866. Karena nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,866 lebih besar daripada taraf signifikansi yang ditetapkan ( $\alpha = 0,05$ ), maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima. Hal ini mengidentifikasi bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara rerata data KAM siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Dengan demikian, dapat

disimpulkan bahwa kemampuan awal matematis siswa pada kedua kelompok adalah setara atau sama.

### 3.3 Pengelompokkan Kemampuan Awal Matematis (KAM)

Kedua kelas penelitian digabungkan untuk menghitung nilai rerata gabungan ( $\bar{x}$ ) dan simpangan baku ( $s$ ), yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan kemampuan awal matematis (KAM) siswa. KAM dikategorikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu KAM tinggi, KAM sedang, dan KAM rendah. Dalam penelitian ini, kelompok eksperimen mendapatkan pembelajaran dengan menggunakan pendekatan *open-ended*, sedangkan kelompok kontrol diberikan pembelajaran dengan pendekatan langsung.

Data KAM ini digunakan untuk mengevaluasi kesetaraan kemampuan awal matematis antara siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada setiap kategori (tinggi, sedang, dan rendah). Data yang menjadi dasar pengelompokkan KAM berasal dari nilai rata-rata Penilaian Akhir Tahun (PAT) pada tahun akademik 2023/2024. Nilai PAT dianggap representatif dalam mencerminkan kemampuan awal matematis siswa sebelum mereka mengikuti proses pembelajaran dalam penelitian ini.

Berdasarkan skor PAT tersebut, siswa kemudian dikelompokkan menjadi tiga kategori berdasarkan perhitungan statistik berupa rata-rata ( $\bar{x}$ ) dan simpangan baku ( $s$ ). Kriteria ini digunakan baik untuk kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol. Pengelompokkan dilakukan dengan merujuk pada skor yang dihitung secara terperinci untuk masing-masing kategori, yaitu KAM tinggi, KAM sedang, dan KAM rendah. Hasil pengelompokkan sampel penelitian ini dengan menggunakan nilai rata-rata dan simpangan baku KAM (Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2012) di rangkum dalam Tabel 3.6 berikut:

Tabel 3.6 Kriteria Pengelompokan Sampel Berdasarkan Kemampuan Awal Matematis

Skor KAM ( $X$ )	Kategori
$X > \bar{x} + s$	KAM tinggi
$\bar{x} - s \leq X \leq \bar{x} + s$	KAM sedang
$X < \bar{x} - s$	KAM Rendah

Fraenkel, Wallen, & Hyun (2012)

Penelitian ini melibatkan sebanyak 72 siswa yang terbagi ke dalam dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen terdiri dari 36 siswa, sedangkan kelompok kontrol juga terdiri dari 36 siswa, sehingga jumlah total siswa yang terlibat sama pada masing-masing kelompok. Setiap kelompok dipilih secara cermat berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan sebelumnya untuk memastikan kesetaraan antara kedua kelompok dalam hal kemampuan awal matematis (KAM). Distribusi sampel dalam penelitian ini dirancang agar mencerminkan perimbangan yang proporsional antara kategori KAM tinggi, KAM sedang, KAM rendah. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan validitas internal penelitian. Sebaran data terkait jumlah siswa pada setiap kategori dan kelompok dapat dilihat secara rinci pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Sebaran Sampel Berdasarkan Kemampuan Awal Matematis

Peringkat KAM	Pembelajaran		Total
	POE	PL	
Tinggi	7	6	13
Sedang	21	24	45
Rendah	8	6	14
Total	36	36	72

Kemampuan awal matematis (KAM) siswa dijadikan acuan untuk mengelompokkan mereka sesuai dengan level kemampuan yang dimiliki sebelum penelitian dilakukan. Peserta didik diklasifikasikan ke dalam tiga strata kompetensi: superior, intermediet, dan dasar. Tujuan stratifikasi ini adalah untuk memungkinkan komparasi yang valid terhadap disparitas hasil pembelajaran antara kelompok eksperimen dan kontrol selama penelitian. Guna memperoleh pemahaman komprehensif mengenai kualitas kompetensi matematis awal peserta, dilakukan

analisis statistik deskriptif yang meliputi perhitungan mean ( $\bar{x}$ ) dan deviasi standar ( $s$ ). Perhitungan dilakukan secara rinci untuk setiap kategori kemampuan dan untuk kedua kelompok pembelajaran. Data yang terkumpul memberikan insight krusial mengenai distribusi kompetensi matematis awal subjek penelitian, sehingga memfasilitasi analisis kesetaraan baseline antar kelompok perlakuan. Detail hasil komputasi parameter statistik kompetensi awal matematis peserta, yang dikelompokkan berdasarkan intervensi pembelajaran, diuraikan secara lengkap dalam Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Sebaran Sampel Penelitian Berdasarkan Kemampuan Awal Matematis

Peringkat KAM	Pembelajaran	Jumlah	Skor KAM		Rerata	Simpangan Baku
			Min	Maks		
Tinggi	POE	7	52,00	70,00	58,43	6,45
	PL	6	54,00	73,00	63,17	6,56
Sedang	POE	21	23,00	51,00	35,14	9,01
	PL	24	22,00	51,00	34,88	9,09
Rendah	POE	8	14,00	20,00	17,00	1,93
	PL	6	10,00	19,00	16,17	3,37
Total	POE	36	14,00	70,00	35,64	15,42
	PL	36	10,00	73,00	36,47	16,02

Tabel 3.8 membandingkan rerata kemampuan awal matematis (KAM) secara umum dan juga berdasarkan kategori tinggi, sedang, serta rendah. Secara statistik, mean KAM pada strata intermediet dan dasar menunjukkan homogenitas antara kelompok eksperimen dan kontrol, dengan disparitas yang tidak signifikan secara statistik. Namun, untuk kategori tinggi, terlihat perbedaan rerata yang cukup besar antara kedua kelompok, yang perlu diperhatikan dalam analisis selanjutnya.

Adapun rentang skor KAM yang diperoleh siswa pada kelompok eksperimen menunjukkan skor minimal sebesar 14,00 dan skor maksimal 70,00. Sementara itu, pada kelompok kontrol, skor minimal tercatat sebesar 10,00 dan skor maksimal 73,00. Rentang nilai ini memberikan gambaran mengenai sebaran kemampuan awal matematis siswa di masing-masing kelompok sebelum intervensi pembelajaran dilakukan. Analisis komprehensif mengenai kesetaraan kompetensi matematis awal

antara kelompok kontrol dan eksperimen, beserta uji signifikansi hipotesis kesamaan KAM, akan dipaparkan secara mendalam pada Bab IV.

### 3.4 Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data dalam penelitian ini dirancang secara sistematis untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil. Tahap pertama meliputi persiapan instrumen, termasuk penyusunan pretes dan postes berbentuk uraian yang divalidasi oleh ahli bidang studi serta diuji coba pada sampel terbatas untuk mengukur validitas butir soal, reliabilitas, serta tingkat kesulitan dan daya beda soal. Instrumen non-tes berupa angket skala Likert disusun berdasarkan indikator kemandirian belajar dan diuji validitas konstruksinya untuk memastikan konsistensi internal.

Pelaksanaan pengumpulan data dilakukan secara bertahap. Pretes dilaksanakan sebelum intervensi dengan prosedur standar, termasuk penjelasan tujuan tes, pengawasan ketat, dan alokasi waktu yang terkontrol. Postes diberikan setelah intervensi selesai, menggunakan soal yang setara dengan pretes namun diacak untuk menghindari *carryover effect*. Sementara itu, angket disebarakan secara online dengan panduan pengisian untuk meminimalkan kesalahan interpretasi responden. Kerahasiaan data dijamin melalui anonymisasi, dan responden diminta memberikan *informed consent* sebelum berpartisipasi.

Setelah data terkumpul, dilakukan pengolahan awal untuk memastikan kualitasnya. Data kuantitatif dari tes diskor berdasarkan rubrik yang telah ditetapkan, lalu diperiksa adanya missing data atau outlier menggunakan analisis boxplot. Data angket ditransformasikan ke nilai numerik (1–5) dan diuji normalitasnya dengan uji *Shapiro-Wilk*. Untuk meningkatkan keandalan, diterapkan inter-rater reliability pada penilaian tes uraian dengan melibatkan dua penilai dan menghitung *interclass correlation coefficient* (ICC).

Kontrol kualitas data diperkuat melalui triangulasi metode, yaitu memadukan hasil tes dan angket untuk analisis konvergen, misalnya mengkorelasikan peningkatan skor tes dengan tingkat kemandirian belajar. Aspek logistik dan sumber daya juga diperhitungkan, termasuk pelatihan petugas pengumpul data

untuk menghindari bias serta penyediaan software SPSS. Jadwal pelaksanaan dibuat terstruktur, mencakup validasi instrumen, pretes, intervensi, postes, dan analisis data dalam kurun waktu tujuh minggu.

Poin kritis yang menjadi perhatian meliputi validitas ekologis instrumen, kesesuaian soal dengan kurikulum aktual, serta aspek etika penelitian seperti persetujuan ethics committee dan penyimpanan data backup di cloud maupun hardcopy. Dengan prosedur yang rinci ini, penelitian dapat menghasilkan data yang akurat, objektif, dan siap untuk analisis lebih lanjut guna menjawab pertanyaan penelitian.

### **3.5 Instrumen Penelitian**

Tahap krusial dalam perancangan instrumen penelitian ini diawali dengan proses seleksi materi matematika yang akan menjadi fokus kajian. Berdasarkan analisis kebutuhan dan konsultasi mendalam dengan guru matematika di SMK Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, serta pertimbangan akademis dari pembimbing penelitian, materi barisan dan deret ditetapkan sebagai objek penelitian. Pemilihan ini didasarkan pada beberapa pertimbangan strategis: pertama, aspek kronologis dimana materi tersebut belum diajarkan kepada peserta didik kelas XI pada periode penelitian; kedua, kesesuaian materi dengan pendekatan pembelajaran inovatif yang akan diimplementasikan; ketiga, relevansi kontekstual materi dengan problematika kehidupan nyata siswa; dan keempat, tingkat keterpahaman materi yang memadai bagi peserta didik. Pertimbangan-pertimbangan tersebut menjadikan barisan dan deret sebagai materi yang ideal untuk mengevaluasi efektivitas intervensi pembelajaran dalam konteks penelitian ini, sekaligus memenuhi kriteria validitas konten yang diperlukan dalam pengembangan instrumen penelitian. Pendekatan tersebut dirancang untuk mengintegrasikan konsep matematika dengan aplikasi praktis, sehingga mendukung proses pembelajaran yang bermakna dan efektif.

Selanjutnya, peneliti membuat alat penelitian yang dirancang khusus untuk sesuai dengan topik utama dalam studi ini, yaitu barisan dan deret. Instrumen penelitian ini dikembangkan untuk memperoleh data kuantitatif yang sah dan

reliabel guna mendukung analisis pencapaian tujuan penelitian. Alat ukur ini terdiri atas tiga komponen utama, yakni asesmen pemahaman konseptual matematika, yang dirancang untuk mengukur penguasaan siswa terhadap prinsip-prinsip fundamental dalam topik barisan dan deret, evaluasi kompetensi komunikasi matematis, yang bertujuan mengukur kemampuan siswa dalam mengartikulasikan pemikiran matematika secara sistematis dan koheren, dan skala kemandirian belajar, yang diformulasikan untuk mengkuantifikasi tingkat otonomi belajar siswa dalam konteks pembelajaran materi barisan dan deret. Sebagai data pendukung, kemampuan awal matematis (KAM) peserta didik diukur melalui hasil Penilaian Akhir Tahun (PAT) semester sebelumnya. Data sekunder ini berfungsi sebagai baseline untuk memetakan profil kompetensi matematis siswa sebelum intervensi penelitian, sekaligus menjadi dasar stratifikasi sampel penelitian ke dalam tiga strata kemampuan: *superior*, *intermediet*, dan dasar.

### 3.5.1 Instrumen Tes

Instrumen penelitian ini dirancang secara komprehensif untuk mengukur dua dimensi kompetensi matematis siswa, yaitu pemahaman konseptual dan kemampuan komunikasi matematis dalam konteks materi barisan dan deret. Asesmen pemahaman konseptual dikembangkan untuk mengevaluasi tingkat penguasaan siswa terhadap prinsip-prinsip fundamental, sementara instrumen komunikasi matematis bertujuan mengukur kemampuan siswa dalam mengkonstruksi dan mengartikulasikan pemikiran matematis secara logis dan terstruktur. Ujian ini disusun berdasarkan indikator-indikator yang berkaitan dengan kemampuan pemahaman dan komunikasi matematika, yang sesuai dengan tujuan pembelajaran dan bahan penelitian. Proses implementasi dilakukan melalui pendekatan dua fase yang sistematis. Fase pertama berupa *baseline assessment* (pretest) yang dilaksanakan sebelum intervensi pembelajaran, berfungsi untuk memetakan profil kompetensi awal sekaligus membangun data referensi. Fase kedua merupakan *post-intervention assessment* (posttest) yang diadakan setelah serangkaian kegiatan pembelajaran, dengan tujuan mengukur perkembangan kompetensi siswa dan efektivitas intervensi yang diberikan. Desain asesmen

semacam ini memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis komparatif yang komprehensif terhadap perkembangan kompetensi matematis siswa secara longitudinal.

Kedua tes berbentuk soal uraian, yang dipilih dengan tujuan agar langkah-langkah dan pola pikir siswa dalam menyelesaikan soal tergambar secara jelas dan terperinci. Bentuk uraian memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi secara menyeluruh proses berpikir siswa, termasuk ketelitian, sistematika penyusunan jawaban, dan keakuratan langkah-langkah penyelesaian yang dilakukan. Dengan cara demikian, analisis kemampuan siswa dapat dilakukan secara komprehensif, tidak hanya melihat hasil akhir tetapi juga mengamati bagaimana mereka menyelesaikan soal yang diberikan. Instrumen penilaian untuk mengukur pemahaman konseptual dan kemampuan komunikasi matematis dikembangkan melalui proses yang rigor dengan berpedoman pada literatur akademik terakreditasi, khususnya buku teks matematika SMK yang telah disesuaikan dengan kurikulum nasional terkini. Tahapan pengembangan instrumen ini dirancang secara metodologis, dimulai dengan analisis mendalam terhadap kompetensi inti dan kompetensi dasar dalam kurikulum, diikuti dengan penyusunan kisi-kisi instrumen yang mencakup berbagai tingkat kognitif mulai dari pemahaman hingga penerapan konsep. Butir-butir soal kemudian dirumuskan dengan mempertimbangkan validitas isi dan konstruk, serta melalui proses validasi oleh panel ahli bidang matematika dan pengukuran pendidikan. Tahap akhir melibatkan uji coba lapangan untuk memastikan tingkat validitas, reliabilitas, dan daya beda setiap butir soal, sehingga menghasilkan instrumen asesmen yang tidak hanya memenuhi standar teknis psikometrik tetapi juga relevan dengan konteks pembelajaran di SMK.

- a. Tahap awal pengembangan instrumen melibatkan perancangan blueprint evaluasi yang memuat komponen-komponen kunci, yaitu domain konten (barisan dan deret), dimensi kompetensi (pemahaman konseptual dan ekspresi matematis), deskriptor kompetensi yang mengoperasionalkan tujuan pengukuran, dan distribusi butir soal yang direpresentasikan secara proporsional sesuai cakupan indikator.

- b. *Blueprint* tersebut dioperasionalkan melalui bank soal terstandar yang mengukur masing-masing dimensi kompetensi secara spesifik, rubrik solusi yang memuat penyelesaian komprehensif, dan protokol penskoran terstruktur untuk menjamin objektivitas dan reliabilitas penilaian. Setiap komponen dirancang untuk memenuhi prinsip-prinsip asesmen autentik dalam pendidikan matematika.

Desain evaluasi beserta instrumen asesmen komprehensif untuk pengukuran pemahaman konseptual dan kompetensi komunikasi matematis dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran B. Pedoman untuk memberikan skor pada setiap ujian disusun dalam tabel. Untuk rincian lebih lanjut, lihat Tabel 3.9 yang membahas pemahaman matematis dan Tabel 3.10 yang terkait dengan kemampuan komunikasi matematis. Nilai maksimum yang seharusnya bisa diraih siswa dalam tes pemahaman matematis adalah 12. Begitu pula, pada tes kemampuan komunikasi matematis, nilai maksimum yang bisa dicapai juga adalah 12. Skor tersebut menunjukkan seberapa baik siswa menguasai indikator-indikator yang telah ditentukan dalam setiap tes yang ada.

Tabel 3.9 Pedoman Penskoran Tes Kemampuan Pemahaman Matematis

<b>Indikator</b>	<b>Respon terhadap Soal</b>	<b>Skor</b>
Menghitung dengan cara algoritma dan menggunakan aturan yang sesuai untuk menyelesaikan masalah sehari-hari yang berkaitan dengan konsep urutan dan deret.	Tidak ada jawaban.	0
	Jawaban mayoritas memiliki perhitungan yang keliru.	1
	Jawaban kurang memadai dan terdapat kesalahan dalam perhitungan.	2
	Jawaban hampir sempurna dan benar, tetapi ada beberapa kesalahan kecil.	3
	Jawaban sudah lengkap, tepat, dan melakukan perhitungan dengan tepat.	4

Tabel 3.10 Pedoman Penskoran Tes Kemampuan Komunikasi Matematis

Indikator	Respon terhadap Soal	Skor
Kemampuan siswa dalam mengekspresikan masalah sehari-hari secara tertulis melalui simbol dan model matematika berkaitan dengan konsep deret dan barisan.	Tidak ada jawaban.	0
	Aplikasi simbol matematika, konstruksi model, dan elaborasi problematika kontekstual terkait konsep barisan dan deret menunjukkan ketidakakuratan substantif.	1
	Implementasi notasi matematis, formulasi model, dan representasi masalah riil yang berkorelasi dengan prinsip barisan dan deret masih mengandung beberapa ketidaksempurnaan.	2
	Penggunaan terminologi matematis, pemodelan abstrak, serta koneksinya dengan aplikasi praktis telah sesuai dengan konsep dasar, meskipun terdapat beberapa aspek yang memerlukan penyempurnaan.	3
	Penggunaan simbol, model matematika, dan penjelasan tentang masalah sehari-hari yang berhubungan dengan konsep deret dan barisan sudah tepat dan lengkap.	4

Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui instrumen pengukuran yang mencakup metode tes dan non-tes, yang diberikan kepada responden penelitian. Instrumen tersebut dikembangkan secara khusus untuk mengevaluasi tiga kompetensi utama, yaitu: pemahaman konseptual matematika, kemampuan komunikasi matematis dalam menyampaikan gagasan, dan tingkat kemandirian belajar peserta didik. Hasil pengukuran memberikan informasi mendalam mengenai tingkat penguasaan konsep matematika siswa, kemampuan mereka dalam mengartikulasikan pemikiran matematis secara logis, serta derajat otonomi mereka dalam proses pembelajaran. Data ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis keterkaitan antara ketiga aspek tersebut dalam konteks pembelajaran matematika.

Alat tes dibuat dalam format soal yang memerlukan jawaban deskriptif, dengan tujuan menilai kemampuan siswa dalam memahami dan berkomunikasi mengenai matematika. Pemilihan format deskriptif dilakukan karena cara ini mengharuskan siswa menjelaskan jawaban mereka secara terperinci, sehingga proses berpikir mereka bisa terlihat dengan jelas. Di samping itu, dari cara siswa menyelesaikan

soal, peneliti dapat menilai ketelitian, keteraturan jawaban, dan ketepatan langkah-langkah yang diambil oleh siswa.

Instrumen evaluasi non-tes diimplementasikan untuk mengukur tingkat otonomi belajar peserta didik secara komprehensif. Alat pengumpulan data ini terdiri dari tiga komponen utama meliputi skala psikometrik kemandirian belajar berbasis model Likert, yang memungkinkan pengukuran kuantitatif terhadap berbagai dimensi otonomi pembelajaran, protokol observasi sistematis, yang dirancang untuk merekam manifestasi perilaku belajar mandiri selama proses pembelajaran berlangsung; dan panduan wawancara semi-terstruktur, yang dikembangkan untuk menggali persepsi dan pengalaman subjek penelitian terkait praktik belajar mandiri secara lebih mendalam.

Untuk menganalisis tingkat kemandirian belajar siswa, data yang diperoleh melalui kuesioner diolah menggunakan teknik statistik guna menghasilkan temuan yang bersifat kuantitatif dan terukur. Di sisi lain, informasi kualitatif yang dikumpulkan melalui lembar observasi dan hasil wawancara dimanfaatkan untuk mendukung validitas temuan sekaligus memberikan pemahaman yang lebih mendalam bagi peneliti dalam menginterpretasikan data. Dengan menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, penelitian ini mampu menghasilkan analisis yang komprehensif dan holistik, sehingga memastikan keakuratan dan kelengkapan hasil kajian.

Penelitian ini melibatkan pemberian tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*) kepada peserta didik yang tergabung dalam kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol. Untuk memastikan keakuratan instrumen penelitian, pengembangan alat ukur dilakukan melalui serangkaian tahapan yang sistematis. Prosedur penyusunan instrumen mencakup beberapa langkah kritis, antara lain:

- a. Dalam rangka menyusun instrumen penelitian yang valid dan komprehensif, langkah pertama yang dilakukan adalah mengembangkan kisi-kisi evaluasi baik berupa tes maupun non-tes. Kisi-kisi ini dirancang secara sistematis dengan berpedoman pada indikator-indikator variabel yang menjadi fokus penelitian. Secara rinci, kisi-kisi tersebut memuat deskripsi materi yang

mencakup seluruh konten pembelajaran relevan, aspek-aspek kemampuan spesifik yang akan diukur, serta indikator-indikator pencapaian yang menjadi tolok ukur keberhasilan. Selain itu, kisi-kisi juga menentukan jumlah butir soal untuk masing-masing variabel dengan proporsi yang seimbang, sehingga memastikan seluruh dimensi penelitian dapat terukur secara representatif. Penyusunan kisi-kisi yang matang ini menjadi landasan penting untuk menciptakan instrumen penelitian yang mampu mengungkap data secara akurat dan komprehensif sesuai tujuan penelitian.

- b. Pada tahap implementasi, peneliti menyusun perangkat evaluasi berupa alat tes dan non-tes berdasarkan kerangka kisi-kisi yang telah dirumuskan sebelumnya. Proses penyusunan ini meliputi penyediaan kunci jawaban untuk instrumen tes beserta rubrik penilaian yang memuat kriteria evaluasi terperinci untuk setiap butir soal, sehingga memungkinkan penskoran yang objektif dan konsisten.
- c. Untuk menjamin kualitas instrumen, dilakukan proses konsultasi intensif dengan pembimbing penelitian. Tahap validasi ini bertujuan memverifikasi kesesuaian instrumen dengan tujuan penelitian, serta mengevaluasi kelayakan teknis dalam penerapannya. Instrumen yang telah dikembangkan beserta komponen pendukungnya (kunci jawaban dan pedoman penskoran) dikaji secara komprehensif untuk memastikan koherensi dengan desain penelitian.
- d. Proses validasi lebih lanjut mencakup *face validity* dan *content validity* yang melibatkan pakar di bidang pendidikan matematika. Para ahli mengevaluasi aspek relevansi, logika konstruk, dan keterwakilan instrumen dalam mengukur variabel penelitian. Validasi ini menghasilkan masukan berharga untuk penyempurnaan instrumen sebelum tahap uji coba.
- e. Uji coba instrumen dilaksanakan pada populasi siswa yang telah menguasai materi terkait penelitian. Tahap *pilot study* ini berfungsi untuk menguji validitas empiris instrumen sekaligus mengidentifikasi kemungkinan kelemahan dalam konstruk butir soal sebelum digunakan dalam penelitian utama. Hasil uji coba menjadi dasar untuk melakukan finalisasi instrumen penelitian.

### 3.5.1.1 Validitas

Suatu instrumen evaluasi dapat dinyatakan memenuhi syarat validitas apabila secara konseptual dan empiris mampu mengukur secara tepat konstruk atau dimensi yang menjadi tujuan pengukuran. Dalam konteks psikometri, tingkat validitas suatu alat ukur dapat diukur secara kuantitatif melalui perhitungan koefisien validitas. Salah satu metode statistik yang paling *widely recognized* untuk tujuan ini adalah analisis korelasi produk momen (*Pearson product-moment correlation coefficient*), yang dikembangkan oleh Pearson (Suherman, 2003). Teknik korelasi ini secara matematis menghitung derajat hubungan linier antara skor mentah yang diperoleh dari instrumen evaluasi dengan kriteria eksternal yang dijadikan acuan. Prinsip dasar perhitungan ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Keterangan:

$r_{xy}$  = koefisien korelasi antara variabel x dan variabel y

n = banyaknya tes

x = skor tiap butir soal tes uji coba

y = skor total hasil tes uji coba tiap tes

Hasil perhitungan koefisien validitas yang diperoleh dari suatu instrumen evaluasi memerlukan analisis interpretatif untuk menilai kualitas alat ukur tersebut. Berdasarkan besaran koefisien yang dihasilkan, tingkat validitas dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok utama, yaitu validitas tinggi, sedang, dan rendah. Pedoman interpretasi ini mengacu pada klasifikasi standar yang dikemukakan oleh Guilford (Suherman, 2003), yang memberikan kriteria objektif dalam mengevaluasi kekuatan hubungan antara instrumen dan konstruk yang diukur. Untuk pemahaman lebih rinci mengenai batasan nilai serta makna dari masing-masing kategori, dapat dilihat pada Tabel 3.11 yang menyajikan klasifikasi lengkap interpretasi koefisien validitas. Klasifikasi ini menjadi acuan penting dalam

menentukan apakah suatu instrumen layak digunakan atau masih memerlukan revisi untuk meningkatkan akurasi pengukurannya.

Tabel 3.11 Klasifikasi Koefisien Validitas

Nilai $r_{xy}$	Interpretasi
$0,90 < r_{xy} \leq 1,00$	Validitasnya sangat tinggi
$0,70 < r_{xy} \leq 0,90$	Validitasnya tinggi (baik)
$0,40 < r_{xy} \leq 0,70$	Validitasnya sedang (cukup)
$0,20 < r_{xy} \leq 0,40$	Validitasnya rendah (kurang)
$0,00 < r_{xy} \leq 0,20$	Validitasnya sangat rendah
$r_{xy} \leq 0,00$	Tidak valid

Berdasarkan hasil pengujian terhadap alat tes yang dibuat untuk menilai kemampuan pemahaman dalam matematika dan kemampuan berkomunikasi matematis, diperoleh nilai validitas untuk setiap soal, yang ditampilkan dalam Tabel 3. 12. Untuk rincian lebih lanjut, perhitungan validitas alat tes yang menilai kemampuan pemahaman matematis terdapat dalam Lampiran C2, sedangkan perhitungan validitas untuk alat tes yang mengukur kemampuan komunikasi matematis dapat ditemukan di Lampiran C. 8.

Tabel 3.12 Validitas Hasil Uji Coba Instrumen

Jenis Tes	Nomor Soal	Validitas	Interpretasi
Kemampuan Pemahaman	1	0,82	Tinggi
	2	0,70	Sedang
	3	0,65	Sedang
Komunikasi Matematis	1	0,77	Tinggi
	2	0,80	Tinggi
	3	0,80	Tinggi

### 3.5.1.2 Reliabilitas Tes

Reliabilitas suatu alat ukur mengacu pada kemampuan alat tersebut untuk memberikan hasil yang konsisten dan stabil, tanpa adanya variasi yang signifikan pada pengukuran yang dilakukan berulang kali. Untuk menentukan derajat reliabilitas instrumen tes yang berupa soal uraian, digunakan teknik perhitungan

dengan rumus Crombach's Alpha (Suherman, 2003), yang dapat dilihat pada rumus berikut.

$$r_{11} = \left( \frac{n}{n-1} \right) \left( 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

Keterangan:

$r_{11}$  = koefisien reliabilitas tes

$S_t^2$  = varians skor total

$\sum S_i^2$  = jumlah varians skor setiap item

$n$  = banyaknya butir tes item

Jumlah variasi untuk setiap item dan total variasi bisa dihitung dengan rumus yang diungkapkan oleh Suherman (2003). Rumus ini dipakai untuk menilai seberapa besar penyebaran atau variasi skor di setiap item, serta untuk memberikan gambaran tentang tingkat variasi keseluruhan dari hasil ujian.

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n}$$

Penjelasan:

$S^2$  = varians pada setiap pertanyaan

$\sum x^2$  = total kuadrat dari masing-masing soal

$\sum x$  = total semua soal

$n$  = total siswa

Penilaian terhadap derajat reliabilitas suatu instrumen tes dilakukan dengan mengacu pada klasifikasi standar yang dikemukakan oleh Guilford (Suherman, 2003). Kerangka interpretasi ini menyediakan kriteria objektif untuk menentukan tingkat konsistensi dan keandalan alat ukur, yang secara operasional dapat dikategorikan menjadi beberapa tingkat reliabilitas. Klasifikasi lengkap beserta parameter nilai koefisien reliabilitasnya dapat dilihat secara rinci pada Tabel 3.13, yang berfungsi sebagai acuan baku dalam mengevaluasi apakah suatu instrumen tes telah memenuhi standar keandalan yang diperlukan untuk pengumpulan data penelitian.

Tabel 3.13 Klasifikasi Koefisien Reliabilitas

Reliabilitas	Interpretasi
$r_{xy} \leq 0,20$	Realibilitas sangat rendah
$0,20 < r_{xy} \leq 0,40$	Realibilitas rendah
$0,40 < r_{xy} \leq 0,70$	Realibilitas sedang
$0,70 < r_{xy} \leq 0,90$	Realibilitas tinggi
$0,90 < r_{xy} \leq 1,00$	Realibilitas sangat tinggi

Berdasarkan hasil pengujian statistik terhadap seluruh butir soal pada instrumen pengukuran kemampuan pemahaman matematis, diperoleh nilai koefisien reliabilitas sebesar 0,56. Nilai ini menunjukkan bahwa instrumen tersebut berada pada kategori reliabilitas moderat dalam mengukur konstruk yang dimaksud. Sementara itu, pengujian serupa yang dilakukan pada instrumen pengukuran kemampuan komunikasi matematis menghasilkan koefisien reliabilitas sebesar 0,69, yang juga mengindikasikan tingkat reliabilitas moderat. Prosedur perhitungan reliabilitas untuk masing-masing instrumen dapat ditelusuri lebih lanjut melalui lampiran terkait. Secara spesifik, dokumentasi lengkap perhitungan reliabilitas instrumen pemahaman matematis disajikan dalam Lampiran C3, sedangkan perhitungan untuk instrumen komunikasi matematis dapat dilihat pada Lampiran C9. Hasil analisis ini memberikan gambaran mengenai tingkat konsistensi internal masing-masing instrumen sebelum digunakan dalam penelitian utama.

Proses validasi terhadap instrumen pengukuran kemampuan pemahaman matematika dan komunikasi matematis telah dilaksanakan secara komprehensif, mencakup aspek validitas dan reliabilitas. Hasil analisis kuantitatif dari pengujian kedua parameter psikometrik tersebut disajikan secara terperinci dalam Tabel 3.14 berikut:

Tabel 3.14 Rekapitulasi Hasil Uji Coba Instrumen Tes

Jenis Tes	No Soal	Validitas		Reliabilitas		Ket
		Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria	
Kemampuan Pemahaman	1	0,82	Tinggi	0,56	Sedang	Dipakai
	2	0,70	Sedang			Dipakai
	3	0,65	Sedang			Direvisi
Komunikasi Matematis	1	0,77	Tinggi	0,69	Sedang	Dipakai
	2	0,80	Tinggi			Dipakai
	3	0,80	Tinggi			Dipakai

Hasil uji coba instrumen tes kemampuan pemahaman matematis menunjukkan bahwa soal nomor 1 memiliki tingkat validitas yang tinggi dan reliabilitas berada pada kategori sedang. Soal nomor 2 memiliki tingkat validitas yang sedang dan reliabilitas berada pada kategori sedang. Sementara itu, soal nomor 3 memiliki tingkat validitas sedang dan reliabilitas sedang. Setelah melakukan analisis perhitungan, peneliti berkonsultasi dengan pembimbing dan memutuskan untuk melakukan revisi terhadap soal nomor 3, karena instrumen tes soal nomor 3 memiliki daya pembeda jelek walaupun variasi tingkat kesukaran mencakup kategori mudah, sedang, dan sukar terpenuhi. Untuk alat ukur kemampuan komunikasi dalam matematika, pertanyaan nomor 1, 2, dan 3 menunjukkan tingkat validitas yang bagus, sementara reliabilitasnya termasuk dalam kategori sedang. Namun, setelah berkonsultasi dengan pembimbing, peneliti memutuskan untuk menggunakan instrumen tes ini dalam melakukan penelitian walaupun variasi tingkat kesukaran tidak terpenuhi, karena semua soal berada pada berada pada kategori sedang.

### 3.5.2 Instrumen Nontes

#### 3.5.2.1 Angket

Proses pengembangan instrumen penelitian non-tes diawali dengan perancangan angket. Tahap pertama melibatkan penyusunan kisi-kisi angket yang berfungsi sebagai kerangka acuan dalam mengukur tingkat kemandirian belajar siswa. Kisi-kisi tersebut memuat sejumlah pernyataan yang disusun secara sistematis berdasarkan indikator-indikator kemandirian belajar yang telah

ditetapkan sebelumnya. Secara keseluruhan, terdapat sembilan indikator utama yang dijabarkan ke dalam 36 butir pernyataan, dengan setiap indikator direpresentasikan melalui sejumlah pernyataan yang relevan untuk memastikan cakupan pengukuran yang komprehensif. Kisi-kisi ini berperan sebagai panduan operasional dalam merumuskan butir-butir pernyataan yang valid dan reliabel, sekaligus memastikan kesesuaian antara instrumen dengan tujuan penelitian. Penyusunan kisi-kisi dilakukan secara cermat untuk menjamin bahwa seluruh dimensi kemandirian belajar dapat terukur secara akurat melalui instrumen yang dikembangkan. Dari jumlah tersebut, terdapat pernyataan yang bersifat positif serta pernyataan yang bersifat negatif. Setelah kisi-kisi angket selesai disusun, dikonsultasikan kepada para pembimbing penelitian. Setelah disetujui oleh para pembimbing, angket tersebut kemudian divalidasi oleh tim ahli untuk memastikan validitas isi dari angket tersebut. Tim validator yang terlibat dalam proses ini terdiri dari sembilan orang yang memiliki keahlian di bidang yang relevan dengan tujuan penelitian.

### 3.5.2.2 Observasi

Salah satu Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, menawarkan berbagai ruang praktik untuk pembelajaran keterampilan dalam lingkungan bersih dan rapi, dengan arsitektur modern yang mendukung interaksi siswa-guru dan kegiatan ekstrakurikuler. Kualitas pengajaran terjaga melalui tenaga pengajar berpengalaman yang mengikuti pelatihan rutin, melibatkan siswa dalam praktik nyata, dan memanfaatkan fasilitas seperti laboratorium komputer serta perpustakaan dengan akses internet. Lulusan SMK ini umumnya berhasil masuk ke dunia kerja di sektor industri, termasuk bidang otomotif dan komputer, berkat reputasi baik sekolah dalam menjalin hubungan dengan dunia usaha. Observasi selama proses pembelajaran dilakukan untuk mengamati penerapan pendekatan *open-ended*, di mana tiga guru matematika mencatat interaksi, penggunaan metode, dan partisipasi siswa, dengan harapan memberikan gambaran mengenai efektivitas metode pembelajaran yang diterapkan.

### 3.5.2.3 Wawancara

Penelitian ini melaksanakan wawancara terstruktur terhadap sampel representatif dari kelompok eksperimen, dimana dari 36 siswa dipilih 9 responden secara proporsional berdasarkan stratifikasi kemampuan akademik masing-masing 3 siswa dari kategori tinggi, menengah, dan rendah. Wawancara ini menggunakan instrumen terstandar yang dirancang untuk mengeksplorasi secara mendalam persepsi siswa mengenai penerapan metode pembelajaran inovatif beserta dampak yang dirasakan. Secara paralel, dilakukan wawancara mendalam dengan tiga guru matematika yang berperan sebagai pengamat langsung dalam implementasi metode tersebut. Fokus wawancara dengan pendidik mencakup tiga aspek krusial meliputi evaluasi efektivitas pedagogis metode yang diterapkan, observasi terhadap respons dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran, dan analisis dinamika kelas yang muncul akibat intervensi pembelajaran. Pendekatan multi-perspektif ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh data komprehensif yang saling melengkapi antara pengalaman langsung peserta didik dengan analisis profesional dari pendidik.

### 3.6 Prosedur Analisis Data Kualitatif

Penelitian ini menerapkan teknik pengolahan data kuantitatif yang bersumber dari tiga instrumen utama meliputi hasil pretes sebagai dasar kemampuan awal peserta didik, postes untuk mengukur pencapaian setelah intervensi pembelajaran, dan kuesioner kemandirian belajar. Analisis N-Gain dilakukan melalui komparasi nilai pretes-postes guna mengkuantifikasi peningkatan capaian akademik. Proses analisis data mengikuti tahapan statistik yang ketat, dimulai dengan uji normalitas distribusi data menggunakan *Shapiro-Wilk*, uji homogenitas varians dengan *Levene's Test*; dan uji MANOVA untuk memverifikasi signifikansi perbedaan antara kelompok eksperimen dan kontrol. Seluruh perhitungan statistik dilakukan dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0.05$ , menggunakan *software* SPSS versi 30 untuk memastikan presisi analisis. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk

menyimpulkan secara objektif efektivitas intervensi pembelajaran baik dalam aspek kognitif (hasil belajar) maupun afektif (kemandirian belajar).

### 3.6.1 Analisis Deskripsi Data Tes KPM dan KKM

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis kuantitatif yang komprehensif untuk mengevaluasi efektivitas metode pembelajaran yang diterapkan. Tahap pertama melibatkan pengumpulan data pretes dan postes dari kedua kelompok penelitian, yang berfungsi sebagai indikator objektif perkembangan kemampuan siswa. Data tersebut kemudian diolah dengan teknik statistik canggih untuk mendapatkan gambaran yang utuh tentang dampak intervensi pembelajaran. Proses analisis diawali dengan perhitungan statistik deskriptif meliputi nilai rata-rata dan standar deviasi, yang memberikan informasi dasar tentang distribusi kemampuan siswa. Untuk mengukur peningkatan belajar secara lebih akurat, digunakan rumus N-Gain ternormalisasi yang memungkinkan perbandingan yang adil antar individu dengan tingkat kemampuan awal yang berbeda. Perhitungan ini dilakukan secara komputasional menggunakan *Microsoft Excel* untuk memastikan presisi hasil.

$$gn = \frac{\text{Skor Rerata Postes} - \text{Skor Rerata Pretes}}{\text{Skor Ideal} - \text{Skor Rerata Pretes}} \quad (\text{Meltzer, 2002})$$

Hasil analisis N-Gain kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Interpretasi ini tidak hanya menunjukkan besarnya peningkatan, tetapi juga mengkategorikan kualitas peningkatan tersebut ke dalam tingkat-tingkat tertentu. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menarik kesimpulan yang valid tentang efektivitas relatif metode pembelajaran yang diujicobakan, sekaligus memberikan dasar empiris untuk rekomendasi pedagogis yang dapat dipertanggungjawabkan. Interpretasi ini dilakukan dengan merujuk pada kriteria yang tercantum dalam Tabel 3.19, yang mengkategorikan hasil gain ke dalam beberapa kelompok berdasarkan besarnya skor N-Gain yang diperoleh. Klasifikasi ini dirancang untuk menyajikan penjelasan yang terang tentang betapa pentingnya perubahan kemampuan yang dialami oleh siswa. Hal ini mencakup aspek pemahaman matematika, kemampuan berkomunikasi dalam matematika, serta kemandirian dalam belajar. Setiap kategori yang ada dalam tabel

menunjukkan level kemajuan yang bisa digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi seberapa efektif perlakuan yang diterapkan dalam penelitian ini.

Tabel 3.15 Klasifikasi N-Gain

Besarnya Gain (g)	Interpretasi
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

(Meltzer, 2002)

### 3.6.1.1 Analisis Statistik Inferensial

Penelitian ini melakukan analisis statistik inferensial secara sistematis untuk menguji perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol. Tahap awal analisis difokuskan pada pengujian prasyarat statistik yang meliputi uji normalitas dan homogenitas. Uji normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk* bertujuan memastikan data berdistribusi normal, sementara uji homogenitas dengan *Levene's Test* dilakukan untuk mengonfirmasi kesamaan varians antar kelompok. Kedua uji ini merupakan fondasi penting sebelum melakukan analisis komparatif lebih lanjut. Proses analisis dilaksanakan dengan bantuan *software SPSS Statistics* versi 30, dengan menetapkan tingkat signifikansi 0,05 sebagai batas kritikal. Setelah memastikan semua asumsi terpenuhi, kemudian melakukan serangkaian analisis komparatif yang mencakup perhitungan statistik deskriptif (rata-rata dan standar deviasi) serta uji beda mean menggunakan *independent samples t-test*. Seluruh prosedur analitis dirancang untuk memastikan validitas hasil penelitian. Pendekatan ini memungkinkan penarikan kesimpulan yang objektif dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah mengenai efektivitas metode pembelajaran yang diintervensikan. Hasil analisis statistik inferensial ini menjadi bukti empiris yang kuat dalam mengevaluasi keberhasilan perlakuan yang diberikan kepada kelompok eksperimen.

#### 3.6.1.1.1 Uji Normalitas

Prosedur uji normalitas dilaksanakan terhadap seluruh data penelitian, meliputi nilai pretes, postes, dan gain untuk mengevaluasi distribusi kemampuan

pemahaman matematis, komunikasi matematis, serta kemandirian belajar pada kelompok eksperimen dan kontrol. Tujuan utama pengujian ini adalah memverifikasi kelayakan data untuk dianalisis menggunakan metode statistik parametrik, yang mensyaratkan terpenuhinya asumsi distribusi normal. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan dengan uji multivariat pada seluruh data secara bersama-sama. Adapun rumusan hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

$H_0$  : Data pretes, postes, dan N-Gain siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol berdistribusi normal.

$H_1$  : Data pretes, postes, dan N-Gain siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol tidak berdistribusi normal.

Pengujian normalitas data dilakukan dengan kriteria sebagai berikut: jika nilai signifikansi lebih dari 0,05, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima yang berarti data pretes, postes, dan N-Gain berdistribusi normal. Sebaliknya, jika nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak yang menunjukkan bahwa data pretes, postes, dan N-Gain tidak berdistribusi normal (Santoso, 2015).

#### **3.6.1.1.2 Analisis Homogenitas Varians**

Prosedur pengujian homogenitas varians dilaksanakan untuk memverifikasi kesetaraan sebaran data antara kelompok eksperimen dan kontrol. Pengujian ini mencakup tiga jenis data utama meliputi skor awal (pretes), skor akhir (postes), dan nilai peningkatan (N-gain). Tujuan utama dari analisis ini adalah memastikan kesamaan karakteristik dispersi statistik antar kelompok, yang menjadi prasyarat penting untuk penerapan metode analisis parametrik yang valid. Uji homogenitas varians dilakukan dengan menggunakan uji multivariat antar kelompok secara bersamaan. hipotesis statistik yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

$H_0$  : Varians data pretes, postes, dan N-Gain kedua kelompok homogen.

$H_1$  : Varians data pretes, postes, dan N-Gain kedua kelompok tidak homogen.

Pengujian homogenitas varians dilakukan pada data pretes, postes, dan n-gain baik untuk kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol guna memastikan apakah sebaran data antar kedua kelompok bersifat homogen. Tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) yang ditetapkan dalam pengujian ini adalah 0,05 sebagai ambang keputusan. Jika nilai probabilitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima, mengindikasikan bahwa varians data pretes, postes, dan gain pada kedua kelompok homogen, atau tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan. Namun, jika nilai probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_0$  ditolak, yang berarti varians data antar kelompok tidak homogen, atau terdapat perbedaan signifikan dalam sebaran data antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (Santoso, 2015).

### 3.6.1.2 Analisis Hipotesis

Setelah prosedur uji normalitas dan homogenitas varians selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian hipotesis. Proses ini dilakukan dengan mengkomparasi nilai mean dari dua kelompok sampel, yakni data pretes, postes, dan N-gain siswa kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol.

#### 3.6.1.2.1 Analisis Perbedaan Data Pretes, Postes, dan N-Gain

Analisis perbedaan rerata pretes, postes, dan n-gain antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dilakukan dengan analisis statistik multivariat secara bersamaan untuk mengidentifikasi signifikansi perbedaannya. Uji ini bertujuan menguji hipotesis terkait perbedaan rerata dalam aspek pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar antara siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dan siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan langsung. Proses analisis menggunakan perangkat lunak SPSS versi 30 dengan tingkat signifikansi 0,05. Adapun rumusan hipotesis untuk uji perbedaan rerata ketiga data tersebut sebagai berikut:

- $H_0$  :  $\mu_1 = \mu_2$  Rerata pretes, postes, dan n-gain pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar secara bersamaan tidak menunjukkan perbedaan antara siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dan yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan langsung.
- $H_1$  :  $\mu_1 \neq \mu_2$  Rerata pretes, postes, dan n-gain pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar secara bersamaan menunjukkan perbedaan antara siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dan yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan langsung.

Keputusan untuk menerima atau menolak hipotesis nol ( $H_0$ ) didasarkan pada nilai probabilitas 0,05. Apabila nilai probabilitas menunjukkan angka lebih dari 0,05, maka  $H_0$  diterima yang mengindikasikan tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok yang diteliti. Sebaliknya, jika nilai probabilitas kurang dari 0,05, maka  $H_0$  ditolak yang membuktikan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok yang dibandingkan Trihendradi (2009).

### 3.6.1.2.2 Analisis Anova Dua Jalur

Penelitian ini menerapkan two-way ANOVA untuk menganalisis pengaruh metode pembelajaran dan tingkat kemampuan awal matematis (KAM) terhadap tiga aspek kemampuan matematis siswa, yaitu pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar. Prosedur analisis diawali dengan perumusan hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ), diikuti oleh uji prasyarat yang meliputi uji normalitas data dan homogenitas varians untuk memastikan kelayakan penggunaan *two-way* ANOVA. Dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 30, dilakukan komputasi statistik untuk memperoleh nilai F dan signifikansi (*p-value*). Berdasarkan kriteria pengujian dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ , penolakan  $H_0$  ( $p < 0,05$ ) mengindikasikan adanya pengaruh signifikan baik dari efek utama

masing-masing variabel independen maupun efek interaksi antara keduanya. Temuan ini memberikan bukti empiris mengenai dampak diferensial dari kombinasi metode pembelajaran dan level KAM terhadap pencapaian belajar matematika siswa, sebagaimana dirujuk dari metodologi Sugiyono (2010) yang tercantum dalam Tabel 3.16. Analisis ini tidak hanya mengungkap pengaruh individual masing-masing faktor, tetapi juga mengidentifikasi pola interaksi yang mungkin terjadi antara metode pembelajaran dan tingkat kemampuan awal siswa.

Tabel 3.16 Ringkasan Anova Dua Jalur

Sumber	Jumlah Kuadrat	$Df$	Mean Kuadrat	F
Pembelajaran (A)	$JK_a$	$J - 1$	$\frac{JK_a}{(J - 1)}$	$\frac{RJK_a}{(J - 1)}$
KAM (B)	$JK_b$	$K - 1$	$\frac{JK_b}{(K - 1)}$	$\frac{RJK_b}{(K - 1)}$
Pembelajaran KAM (A x B)	$JK_{axb}$	$(J - 1)(K - 1)$	$\frac{JK_{axb}}{(J - 1)(K - 1)}$	$\frac{RJK_{axb}}{(J - 1)(K - 1)}$
Inter	$JK_i$	$JxKx(n - 1)$	$\frac{JK_i}{JxKx(n - 1)}$	

Keterangan:

$JK_a$  = Sum of Squares untuk Faktor A (variabel independen pertama)

$JK_b$  = Sum of Squares untuk Faktor B (variabel independen kedua)

$JK_{axb}$  = Sum of Squares interaksi A×B (efek interaksi)

$JK_i$  = Sum of Squares antar kelompok

n = Ukuran sampel per sel eksperimen

K = Jumlah level treatment pada faktor kolom

J = Jumlah level treatment pada faktor baris

Dari Tabel 3.17 diperoleh tiga *output* sebagai berikut.

### 3.6.1.2.2.1 Pembelajaran

Penelitian ini mengkaji disparitas peningkatan kemampuan pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar antara kelompok siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dan siswa yang

memperoleh pembelajaran dengan pendekatan langsung. Tujuan analisis adalah untuk menguji secara statistik apakah pendekatan *open-ended* menghasilkan peningkatan yang secara signifikan lebih baik dibandingkan pendekatan langsung. Pengujian dilakukan menggunakan SPSS Statistik versi 30 dengan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) 0,05. Hipotesis dirumuskan dalam rancangan uji satu sisi kanan (*one-tailed test*) untuk menguji efek superioritas pendekatan *open-ended*. Format pengujian statistik mengikuti hipotesis direksional sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$  Tidak terdapat perbedaan rerata peningkatan kemampuan pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar antara kelompok siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dan kelompok siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan langsung.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$  Terdapat perbedaan rerata peningkatan kemampuan pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar antara kelompok siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dan kelompok siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan langsung.

#### 3.6.1.2.2.2 KAM

Kemampuan awal matematis (KAM) digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan peningkatan kemampuan pemahaman matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dibandingkan dengan siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan langsung, yang dikelompokkan berdasarkan level KAM tinggi, sedang, dan rendah. KAM dalam konteks ini merujuk pada tingkat kemampuan dasar siswa dalam memahami materi pembelajaran yang dikelompokkan untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan kemampuan antara kelompok KAM tinggi, sedang, rendah. Untuk menganalisis perbedaan tersebut, dilakukan analisis statistik dengan bantuan program SPSS statistik versi 30 pada taraf signifikansi 5% (0,05). Uji yang

digunakan dalam pengujian hipotesis ini adalah uji dua pihak, yang bertujuan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan kemampuan pemahaman matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan *open-ended* dan memperoleh pembelajaran dengan pendekatan langsung pada setiap level KAM. Hipotesis yang dirumuskan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

$H_0 : \mu_{ET} = \mu_{ES} = \mu_{ER}$  Tidak terdapat perbedaan rata-rata peningkatan kemampuan pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa berdasarkan level KAM tinggi, sedang, dan rendah.

$H_1 : \mu_{ET} \neq \mu_{ES}$  atau Paling tidak ada dua KAM yang peningkatan kemampuan pemahaman matematis, komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa berbeda secara signifikan.  
 $H_1 : \mu_{ET} \neq \mu_{ER}$  atau  
 $H_1 : \mu_{ES} \neq \mu_{ER}$

Dalam pengujian hipotesis, kriteria pengujian digunakan untuk menentukan apakah hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima atau ditolak berdasarkan nilai signifikansi (*2-tailed*). Jika nilai signifikansi (*2-tailed*) lebih besar atau sama dengan 0,05, maka ( $H_0$ ) diterima, yang mengindikasikan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok yang diuji, atau variabel yang dianalisis tidak mempengaruhi hasil secara signifikan. Sebaliknya, jika nilai signifikansi (*2-tailed*) lebih kecil dari 0,05, maka  $H_0$  ditolak, yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok atau variabel yang diuji memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil (Trihendradi, 2009).

### 3.6.1.2.2.3 Pembelajaran dan KAM

Pendekatan pembelajaran dan KAM digunakan untuk mengidentifikasi apakah terdapat interaksi antara pendekatan pembelajaran dan level KAM tinggi, sedang, dan rendah terhadap peningkatan kemampuan pemahaman matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa. Dalam hal ini, pendekatan pembelajaran merujuk pada kedua pendekatan yang diterapkan, yaitu pendekatan

*open-ended* dan pendekatan langsung. Sementara itu, level KAM membagi siswa menjadi tiga kategori berdasarkan kemampuan dasar mereka, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah pendekatan *open-ended* dapat memberikan dampak yang lebih besar terhadap peningkatan kemampuan tersebut pada setiap level KAM. Dengan demikian, penelitian ini menguji hubungan antara jenis pendekatan pembelajaran yang diterapkan dan tingkat kemampuan awal siswa terhadap kemampuan matematis dan kemandirian belajar yang diperoleh setelah diberi perlakuan. Adapun rumusan hipotesis kerja sebagai berikut.

$H_0$  : Efek Interaksi = 0    Tidak terdapat interaksi antara pendekatan pembelajaran dan KAM terhadap peningkatan kemampuan pemahaman matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa.

$H_1$  : Efek Interaksi  $\neq$  0    Terdapat interaksi antara pendekatan pembelajaran dan KAM terhadap peningkatan kemampuan pemahaman matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan kemandirian belajar siswa.

Dalam pengujian hipotesis, kriteria pengujian digunakan untuk menentukan apakah hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima atau ditolak berdasarkan nilai signifikansi. Jika nilai signifikansi lebih dari atau sama dengan 0,05, maka ( $H_0$ ) diterima, yang mengindikasikan bahwa tidak ada interaksi yang signifikan antara pendekatan pembelajaran dan KAM terhadap variabel yang diuji. Sebaliknya, jika nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka  $H_0$  ditolak, yang menunjukkan bahwa adanya interaksi yang signifikan antara pendekatan pembelajaran dan KAM terhadap variabel yang diuji (Trihendradi, 2009).

### 3.7 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui tiga fase utama, meliputi tahap persiapan, tahap implementasi, dan tahap penyelesaian. Setiap fase dirancang dengan serangkaian prosedur sistematis guna menjamin kelancaran dan keberhasilan proses

investigasi. Di bawah ini diuraikan langkah-langkah spesifik yang diterapkan dalam masing-masing bagian studi ini:

### **3.7.1 Tahap Persiapan**

Fase persiapan diawali setelah proposal penelitian menyelesaikan proses seminar dan memperoleh persetujuan dari tim penguji untuk melanjutkan ke tahap perancangan draf disertai. Sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, dilakukan proses revisi terhadap proposal sesuai dengan saran, masukan, dan arahan dari para penguji agar rancangan penelitian menjadi lebih terarah dan berkualitas. Di fase ini, sebuah studi awal juga dilakukan untuk mengenali dan memahami keadaan nyata dari pembelajaran di lapangan. Proses studi awal dilakukan dengan cara sistematis melalui observasi, wawancara, dan pengumpulan data awal yang relevan untuk tujuan penelitian. Informasi yang dikumpulkan terdiri dari detail mengenai lingkungan sekolah, karakteristik para guru, serta keadaan siswa yang akan menjadi bagian dari penelitian. Langkah ini penting untuk memastikan bahwa data awal yang diperoleh mencerminkan situasi aktual di lapangan, sehingga dapat menjadi landasan yang kuat dalam merancang dan melaksanakan penelitian tahap berikutnya.

### **3.7.2 Tahap Implementasi**

Proses pelaksanaan penelitian dimulai dengan memilih kelompok siswa yang akan menjadi kelompok eksperimen serta kelompok kontrol. Pemilihan ini dilakukan dengan mempertimbangkan hasil seleksi yang melihat kesetaraan kemampuan awal siswa untuk meminimalkan potensi bias dalam penelitian. Prosedur ini melibatkan eksaminasi data primer yang bersumber dari rerata nilai akademik peserta didik maupun parameter terkait lainnya, meliputi hasil evaluasi terdahulu atau pertimbangan dari pengajar bidang studi. Setelah siswa dibagi dalam kelompok, dilaksanakan tes awal yang dibuat untuk menilai kemampuan dasar siswa dalam memahami dan berkomunikasi mengenai matematika. Instrumen pretes ini memuat butir-butir soal yang telah tervalidasi secara empiris guna menjamin kesesuaiannya dengan konstruk kompetensi yang menjadi fokus

pengukuran. Tujuan pretes adalah untuk memperoleh gambaran kemampuan awal siswa sebelum diberi perlakuan, sehingga hasil akhirnya dapat dibandingkan secara objektif.

Selain pretes, angket kemandirian belajar juga dibagikan kepada seluruh siswa yang menjadi subjek penelitian. Kuesioner ini dibuat untuk menilai seberapa mandiri siswa dalam belajar. Ini dilakukan dengan mengajukan serangkaian pernyataan yang berkaitan dengan motivasi, rasa tanggung jawab, inisiatif, dan keterampilan dalam mengatur waktu. Data dari angket ini diolah dan dianalisis untuk mendapatkan gambaran awal mengenai kemandirian belajar siswa di masing-masing kelompok. Informasi yang didapat dari pretes dan angket tentang kemandirian belajar selanjutnya akan dievaluasi untuk memastikan bahwa data tersebut valid dan dapat dipercaya. Eksaminasi ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi adanya disparitas signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol sebelum intervensi diterapkan. Bila ditemukan asimetri yang nyata, akan dilakukan koreksi parametrik untuk memelihara validitas desain penelitian.

Setelah menganalisis data awal, setiap kelompok menerima perlakuan sesuai dengan rencana penelitian. Subjek penelitian pada kelompok eksperimen menerima intervensi pembelajaran berbasis pendekatan *open-ended*, yang memfasilitasi peserta didik dalam mengeksplorasi multi-strategi penyelesaian problematika matematika. Sebaliknya kelompok kontrol diajar menggunakan pembelajaran dengan pendekatan langsung, yang lebih terstruktur dan berpusat pada guru. Perlakuan ini dilakukan dalam beberapa sesi pembelajaran yang dirancang untuk mengakomodasi tujuan penelitian. Dalam kegiatan penelitian, peneliti berperan langsung sebagai pengajar matematika saat proses pembelajaran terjadi. Intervensi ini diimplementasikan untuk menjamin konsistensi *treatment* yang diterima oleh partisipan penelitian, baik pada *kohort* eksperimen maupun kelompok kontrol, terlaksana secara terkendali tanpa kontaminasi variabel eksternal. Dengan cara ini, keseragaman pendekatan dalam perlakuan dapat dipastikan.

Peneliti melakukan kolaborasi dengan pendidik matematika yang bertugas sebagai pengampu kelas terkait. Penting bagi guru untuk menjadi mitra dalam kolaborasi untuk mengamati dan mencatat berbagai perubahan yang terjadi selama pembelajaran. Guru berfungsi sebagai pengamat independen yang membantu mencatat respons siswa, interaksi di dalam kelas, dan efektivitas pendekatan pembelajaran yang digunakan. Peneliti secara aktif berdiskusi dengan guru matematika untuk bertukar informasi mengenai pelaksanaan pembelajaran, terutama terkait pendekatan *open-ended* yang diterapkan di kelompok eksperimen. Peneliti memberikan penjelasan terperinci kepada guru mengenai langkah-langkah, tujuan, dan teknik pembelajaran dengan pendekatan tersebut, agar pemahaman guru dapat mendukung keberhasilan proses penelitian. Pada kelompok kontrol, peneliti berperan sebagai kolaborator dengan guru, yang berarti peneliti membantu memastikan pembelajaran langsung dilaksanakan sesuai dengan rencana, sambil tetap memberikan masukan yang diperlukan.

Peneliti melakukan observasi partisipatif terhadap proses pembelajaran di kedua kohort penelitian (eksperimen dan kontrol). Selama setiap sesi intervensi, peneliti mendokumentasikan seluruh tahapan pembelajaran melalui *field notes*, rekaman audiovisual, dan artefak pembelajaran peserta didik. Prosedur ini bertujuan untuk memverifikasi kesesuaian implementasi *treatment* dengan desain penelitian, menjamin akuntabilitas ilmiah data yang dikumpulkan, dan mendukung proses analisis data pada fase *subsequent*. Melalui sinergi antara peneliti dan pendidik, serta penerapan protokol yang sistematis, diharapkan pelaksanaan penelitian dapat berjalan optimal guna menghasilkan data yang reliabel dan valid untuk pengujian hipotesis yang telah dirumuskan.

### 3.7.3 Tahap Penyelesaian

Pada fase finalisasi penelitian, seluruh data yang terkumpul diolah melalui pendekatan kuantitatif-kualitatif. Untuk analisis kuantitatif, data numerik diproses menggunakan teknik analisis statistik yang relevan, meliputi uji distribusi normal, uji keseragaman varians, dan uji komparasi. Pemilihan metode statistik (parametrik/nonparametrik) didasarkan pada karakteristik data hasil penelitian.

Eksplorasi statistik ini bertujuan untuk mengungkap pola distribusi, korelasi antar variabel, serta disparitas bermakna antara kelompok perlakuan dan kontrol pada parameter yang diteliti. Di sisi lain, analisis kualitatif dilakukan terhadap data deskriptif, seperti catatan observasi, tanggapan siswa, dan hasil wawancara. Data ini ditelaah dengan cermat untuk mengetahui fenomena yang muncul selama proses belajar, mencakup interaksi antar siswa, reaksi siswa terhadap perlakuan yang diberikan, serta dinamika kelas yang dapat mendukung atau menghalangi pencapaian tujuan penelitian.

Setelah data dianalisis, peneliti menyusun kesimpulan berdasarkan temuan penelitian. Kesimpulan ini disusun secara sistematis dengan merujuk pada tujuan penelitian serta hipotesis yang telah ditentukan. Peneliti juga memberikan rekomendasi yang relevan berdasarkan hasil penelitian, baik itu praktisi pendidikan, pembuat kebijakan, maupun penelitian lanjutan. Saran ini dibuat untuk memberi dampak positif terhadap peningkatan kualitas proses belajar, terutama dalam penerapan metode pembelajaran yang bersifat terbuka atau langsung.

Tahap akhir dari proses ini adalah membuat laporan tentang hasil penelitian dengan cara yang teratur. Laporan ini ditulis mengikuti format standar yang terdiri dari bagian pengantar, ulasan literatur, metode, hasil dan analisis, kesimpulan, serta saran. Penyusunan laporan dilakukan menggunakan bahasa ilmiah yang lugas dan teratur, serta menyertakan tabel, grafik, dan lampiran yang sesuai untuk memperkuat penyampaian data dan hasil penelitian. Laporan ini bertujuan untuk mendokumentasikan seluruh proses dan hasil penelitian, sehingga dapat digunakan sebagai referensi yang kredibel dan bermanfaat bagi berbagai pihak.

### **3.8 Jadwal Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan 19 Agustus hingga 25 Oktober 2024 (rentang waktu 10 minggu). Kronologi pelaksanaan seluruh tahapan investigasi secara komprehensif tersaji pada Tabel 3.17 berikut.

Tabel 3.17 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pretes dan pengisian kuesioner awal	:	<i>Pretest</i> dan distribusi kuesioner awal dilakukan pada 22 Agustus 2024 untuk kelompok yang menerima perlakuan dengan pendekatan terbuka, sedangkan untuk kelompok kontrol, pretest diadakan pada 23 Agustus 2024 dengan pendekatan langsung.
Pertemuan ke-1	:	Proses pembelajaran untuk kelompok eksperimen dijadwalkan pada 29 Agustus 2024, sementara kelompok kontrol dilaksanakan pembelajaran pada 30 Agustus 2024.
Pertemuan ke-2	:	Pembelajaran untuk kelompok eksperimen berlangsung pada 5 September 2024, dan kelompok kontrol pada 6 September 2024.
Pertemuan ke-3	:	Untuk kelompok eksperimen, sesi pembelajaran diadakan pada 12 September 2024, sedangkan kelompok kontrol pada 13 September 2024.
Pertemuan ke-4	:	Kelompok eksperimen mengikuti sesi pembelajaran pada 19 September 2024, sementara kelompok kontrol pada 20 September 2024.
Pertemuan ke-5	:	Sesi pembelajaran berikutnya untuk kelompok eksperimen akan dilakukan pada 26 September 2024, dan kelompok kontrol pada 27 September 2024.
Pertemuan ke-6	:	Pengajaran untuk kelompok eksperimen akan terjadi pada 3 Oktober 2024, dan untuk kelompok kontrol pada 4 Oktober 2024.
Pertemuan ke-7	:	Pada 10 Oktober 2024, kelompok eksperimen akan belajar, sementara kelompok kontrol dilakukan pada 11 Oktober 2024.
Pertemuan ke-8	:	Pembelajaran terakhir untuk kelompok eksperimen adalah pada 17 Oktober 2024, sedangkan kelompok kontrol pada 18 Oktober 2024.
Postes, pemberian angket akhir, dan wawancara	:	Pelaksanaan <i>post-test</i> dan administrasi kuesioner akhir dilakukan pada 24 Oktober 2024 untuk <i>kohort</i> eksperimen dan 25 Oktober 2024 untuk kelompok pembanding. Selanjutnya, sesi wawancara mendalam ( <i>in-depth interview</i> ) dengan partisipan kelompok eksperimen dilaksanakan pada 25 Oktober 2024.