

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Paradigma, Pendekatan dan Desain Penelitian

3.1.1. Paradigma Penelitian

Secara filosofis, penelitian ini didasarkan pada paradigma realisme kritis (*critical realism*). Pilihan ini didasari oleh keselarasan mendasar antara ontologi realisme kritis dan logika metode *fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis* (fs/QCA). Berbeda dengan positivisme yang bertujuan mencari hukum kausal universal, realisme kritis berargumen bahwa realitas sosial bersifat berlapis (*stratified*) dan kausalitas bekerja melalui mekanisme-mekanisme yang tidak selalu dapat diamati secara langsung (Bhaskar, 1975; Sayer, 2000).

Sebuah mekanisme kausal—misalnya, proses kognitif yang didukung oleh iklim sekolah aman—memiliki potensi untuk menghasilkan luaran seperti capaian numerasi tinggi. Namun, mekanisme tersebut hanya akan aktif dalam kondisi dan konteks tertentu (Gerrits & Verweij, 2013). Dalam konteks ini, fs/QCA berfungsi sebagai metode penghubung yang kuat. Sebuah pola yang diidentifikasi melalui analisis fs/QCA dapat dipahami sebagai representasi empiris dari sekumpulan kondisi yang secara bersama-sama menciptakan konteks tepat untuk memicu bekerjanya mekanisme kausal (Schneider & Wagemann, 2012). Dengan demikian, fokus fs/QCA pada prinsip ekuifinalitas (banyak pola menuju hasil yang sama) dan kompleksitas kausal secara metodologis menerapkan asumsi realisme kritis bahwa kausalitas bersifat kompleks dan bergantung pada konteks.

3.1.2. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis* (fs/QCA). Metode ini termasuk dalam rumpun pendekatan komparatif berorientasi kasus (*case-oriented*). Dalam

pendekatan ini, setiap satuan pendidikan (sekolah) diperlakukan sebagai sebuah kasus utuh untuk dianalisis polanya.

Secara operasional, alur penelitian ini mengikuti prosedur standar dalam metode fs/QCA yang meliputi empat tahap utama: (1) pemilihan kasus berdasarkan kriteria relevansi teoretis; (2) proses kalibrasi data mentah menjadi skor keanggotaan himpunan *fuzzy*; (3) analisis syarat perlu (*necessary condition analysis*) untuk menguji keberadaan faktor prasyarat; dan (4) analisis syarat cukup (*sufficient condition analysis*) melalui konstruksi tabel kebenaran (*truth table*) untuk mengidentifikasi berbagai pola kausal yang menghasilkan luaran.

3.1.3. Desain Penelitian

Berdasarkan pendekatan di atas, desain yang digunakan adalah desain eksplanatori konfigurasi (*configurational explanatory design*) dengan memanfaatkan data sekunder. Desain ini bersifat eksplanatori karena bertujuan membangun penjelasan kausal mengenai fenomena capaian numerasi (Salonen dkk., 2021). Desain ini bersifat konfigurasi karena fokus utamanya bukan pada hubungan linear antarvariabel, melainkan pada identifikasi berbagai kombinasi syarat (konfigurasi) yang cukup untuk menghasilkan capaian numerasi tinggi (Tóth dkk., 2017).

Meskipun metode fs/QCA dipelopori oleh Charles Ragin dalam sosiologi, validitas dan reliabilitasnya telah teruji dan diadopsi secara luas di berbagai bidang ilmu sosial. Tinjauan literatur menunjukkan peningkatan penggunaan fs/QCA di berbagai disiplin seperti manajemen, inovasi, dan ilmu politik (Kraus dkk., 2018; Ferragina & Deeming, 2023). Misalnya, di bidang manajemen strategis, fs/QCA digunakan untuk mengidentifikasi pola kapabilitas internal perusahaan yang menghasilkan inovasi produk sukses (Fiss, 2011). Sementara itu, di bidang kebijakan publik, metode ini digunakan untuk mengungkap pola kebijakan berbeda yang ditempuh negara-negara Eropa untuk menekan pengangguran (Pappas & O'Malley, 2014). Bahkan di bidang pariwisata, fs/QCA diaplikasikan untuk memahami kombinasi atribut destinasi yang menghasilkan kepuasan wisatawan (Olya & Altinay, 2016).

Penggunaannya yang luas didasari oleh kemampuan unik metode ini dalam menganalisis fenomena kausalitas kompleks (*causal complexity*), ekuifinalitas, dan asimetri—aspek yang sulit ditangkap secara utuh oleh metode statistik tradisional.

3.2. Sumber Data, Populasi, dan Sampel

3.2.1. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari hasil Asesmen Nasional (AN) Tahun 2024 untuk jenjang SMA di Provinsi Jawa Barat. Data ini dirilis secara publik oleh Pusat Asesmen Pendidikan (Pusmendik). Dataset ini merupakan gabungan dari tiga instrumen utama: (1) Asesmen Kompetensi Minimum (AKM), yang mengukur hasil belajar kognitif siswa dalam numerasi; (2) Survei Lingkungan Belajar (Sulingjar), yang mengukur kualitas input dan proses belajar-mengajar; dan (3) Data Pokok Pendidikan (Dapodik), yang menyediakan data administratif guru. Data yang digunakan dalam penelitian ini berada pada tingkat satuan pendidikan (sekolah).

3.2.2. Populasi dan Sampel

Populasi target dalam penelitian ini adalah seluruh satuan pendidikan jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) di Provinsi Jawa Barat yang mengikuti Asesmen Nasional Tahun 2024.

Unit analisis dalam penelitian ini adalah satuan pendidikan (sekolah). Karena dataset publik mencakup data seluruh Indonesia, langkah pertama pemrosesan data adalah penyaringan (*filtering*) untuk hanya menyertakan sekolah di Provinsi Jawa Barat. Selanjutnya, dilakukan pembersihan data untuk mengeluarkan sekolah yang tidak memiliki data lengkap pada semua variabel yang diteliti. Berdasarkan proses tersebut, ditetapkan sampel akhir sebanyak 810 siswa dari 17 SMA yang memiliki kelengkapan data untuk seluruh variabel penelitian.

3.2.3. Pertimbangan Keterwakilan Sampel

Penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 810 siswa dari 17 SMA. Jumlah ini tentu tidak memenuhi syarat untuk keterwakilan statistik terhadap seluruh populasi SMA di Jawa Barat. Namun, perlu ditegaskan bahwa tujuan

penelitian ini bukan untuk melakukan **generalisasi statistik** (mengklaim bahwa temuan ini berlaku rata untuk semua sekolah), melainkan untuk melakukan **generalisasi analitis**.

Generalisasi analitis adalah proses menggunakan hasil penelitian untuk mengembangkan atau memperkuat teori (Yin, 2018). Dalam konteks ini, teori yang ingin dibangun adalah pemahaman mengenai pola-pola penyebab yang dapat menjelaskan bagaimana berbagai kondisi menghasilkan capaian numerasi tinggi. Temuan ini kemudian dapat diuji dalam konteks lain, bukan untuk menghitung frekuensi, melainkan untuk melihat apakah mekanisme sebab-akibat yang ditemukan juga bekerja di tempat lain.

Sesuai dengan pendekatan metode *Qualitative Comparative Analysis* (QCA), prioritas utamanya bukan jumlah sampel yang besar, melainkan keragaman kasus (*case diversity*). Sampel yang ada, yang mencakup sekolah-sekolah di 13 kabupaten/kota dengan karakteristik wilayah berbeda, diasumsikan telah menyediakan keragaman yang cukup untuk mengidentifikasi berbagai pola yang mengarah pada capaian numerasi tinggi. Fokus penelitian ini adalah memahami pola kausalitas yang kompleks, meliputi:

1. **Ekuifinalitas (*equifinality*)**: Adanya beberapa pola berbeda yang sama-sama dapat menghasilkan capaian numerasi tinggi.
2. **Konjungsi Kausal (*conjunctural causation*)**: Efek dari sebuah faktor bergantung pada kehadiran atau ketiadaan faktor lain.
3. **Asimetri (*asymmetry*)**: Pola penyebab yang mengarah pada capaian numerasi tinggi bukanlah sekadar kebalikan dari pola penyebab yang mengarah pada capaian numerasi rendah.

3.3. Instrumen Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan data dari tiga instrumen utama Asesmen Nasional yang dikembangkan oleh Pusat Asesmen Pendidikan (Pusmendik). Ketiga instrumen ini dirancang untuk mengukur aspek berbeda dari lingkungan pendidikan, sebagaimana diuraikan berikut ini.

3.3.1. Instrumen Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) Numerasi

Variabel hasil (capaian numerasi) diukur menggunakan instrumen Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) Numerasi. Instrumen ini dirancang untuk mengukur kemampuan siswa dalam menggunakan pengetahuan matematika untuk memecahkan masalah dan mengambil keputusan dalam konteks kehidupan sehari-hari (Pusat Asesmen Pendidikan, 2023). Fokus utama AKM adalah penerapan praktis konsep matematika dalam situasi yang relevan, bukan sekadar penguasaan materi.

Kerangka kerja AKM Numerasi mencakup tiga komponen utama:

1. **Konten:** Bilangan, Geometri & Pengukuran, Aljabar, serta Data & Ketidakpastian.
2. **Proses Kognitif:** Pemahaman, Penerapan, dan Penalaran.
3. **Konteks:** Personal, Sosial Budaya, dan Saintifik.

Berbeda dengan tes matematika konvensional yang cenderung menguji penguasaan materi kurikulum secara prosedural, AKM secara spesifik mengukur kemampuan bernalar. Karakteristik instrumen ini menekankan pada soal-soal yang menuntut kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher-Order Thinking Skills*). Soal-soal tersebut disajikan melalui stimulus yang beragam, seperti teks informasi, infografis, dan tabel data yang kompleks. Dengan demikian, instrumen ini mengukur kedalaman pemahaman konseptual dan kemampuan siswa dalam mengintegrasikan informasi. Contoh butir soal yang merepresentasikan keragaman instrumen ini disajikan pada **Lampiran 14** (lihat hal. 156)

3.3.2. Instrumen Survei Lingkungan Belajar (Sulingjar)

Instrumen Survei Lingkungan Belajar (Sulingjar) merupakan komponen Asesmen Nasional yang dirancang untuk merekam faktor-faktor kontekstual yang memengaruhi hasil belajar murid. Kerangka konseptual Sulingjar dikembangkan berdasarkan literatur ilmiah mengenai efektivitas pengajaran dan sekolah. Dalam penelitian ini, Sulingjar menjadi sumber data utama untuk sebagian besar variabel kondisi, yaitu:

1. **Kualitas Pembelajaran Numerasi (PNUM):** Diukur dari persepsi murid mengenai praktik pengajaran yang mendorong keterampilan numerasi. Contoh butir pertanyaan menanyakan frekuensi guru "meminta murid memberikan contoh permasalahan sehari-hari yang dapat diselesaikan dengan topik matematika yang diajarkan".
2. **Iklim Keamanan Sekolah (SAF) dan Kesejahteraan Psikologis Siswa (WEL):** Diukur sebagai bagian dari dimensi Iklim Keamanan. SAF secara umum mengukur persepsi murid mengenai perundungan dan kekerasan, sedangkan WEL secara spesifik mengukur "perasaan aman dan nyaman yang dirasakan murid ketika berada di lingkungan satuan pendidikan".
3. **Sikap Terhadap Kesetaraan Budaya (AMKB):** Diukur dalam kerangka Iklim Kebinekaan melalui butir pertanyaan berbasis skenario yang disajikan kepada guru dan kepala sekolah.
4. **Status Sosioekonomi Sekolah (SES_sekolah):** Diukur melalui indeks gabungan (*composite index*) yang dibentuk dari empat komponen utama laporan murid: jenjang pendidikan dan profesi orang tua, fasilitas belajar di rumah, kepemilikan buku, dan kepemilikan barang tersier.
5. **Partisipasi Orang Tua (POT):** Diukur dari persepsi guru dan kepala sekolah mengenai tingkat pelibatan orang tua oleh sekolah dalam berbagai aktivitas.

3.3.3. Instrumen Survei Karakter

Instrumen Survei Karakter dirancang khusus untuk mengukur hasil belajar nonkognitif peserta didik yang selaras dengan enam dimensi Profil Pelajar Pancasila: (1) beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia; (2) bergotong royong; (3) kreativitas; (4) nalar kritis; (5) kebinekaan global; dan (6) kemandirian. Meskipun tidak digunakan secara langsung sebagai variabel utama dalam penelitian ini, data dari Survei Karakter memberikan konteks tambahan mengenai perkembangan karakter siswa secara keseluruhan di setiap satuan pendidikan (Pusat Asesmen dan Pembelajaran, 2021b).

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Bagian ini menguraikan prosedur pengumpulan data yang terdiri atas dua tahap utama: pengumpulan data primer yang dilaksanakan secara terpusat oleh Kemendikbudristek dan perolehan data sekunder oleh peneliti.

3.4.1. Prosedur Pengumpulan Data oleh Kemendikbudristek

Pengumpulan data primer untuk Asesmen Nasional (AN) diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) menggunakan prosedur standar. Kepesertaan AN mencakup seluruh satuan pendidikan dasar dan menengah yang terdaftar dalam Data Pokok Pendidikan (Dapodik). Partisipasi pada tingkat sekolah bersifat sensus (menyeluruh), sedangkan pemilihan peserta didik dilakukan melalui metode acak (*random sampling*). Jumlah sampel ditetapkan maksimal 45 siswa utama dan 5 siswa cadangan untuk jenjang SMA/ sederajat (Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, 2024; Pusat Asesmen Pendidikan, 2024).

Secara teknis, Asesmen Nasional dilaksanakan menggunakan sistem Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK). Satuan pendidikan dapat memilih salah satu dari dua moda pelaksanaan: moda daring (*online*) atau semidaring (*semi-online*). Moda daring memerlukan koneksi internet stabil selama asesmen berlangsung, sedangkan moda semidaring hanya memerlukan koneksi pada waktu tertentu, seperti saat sinkronisasi data. (Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, 2024; Pusat Asesmen Pendidikan, 2024).

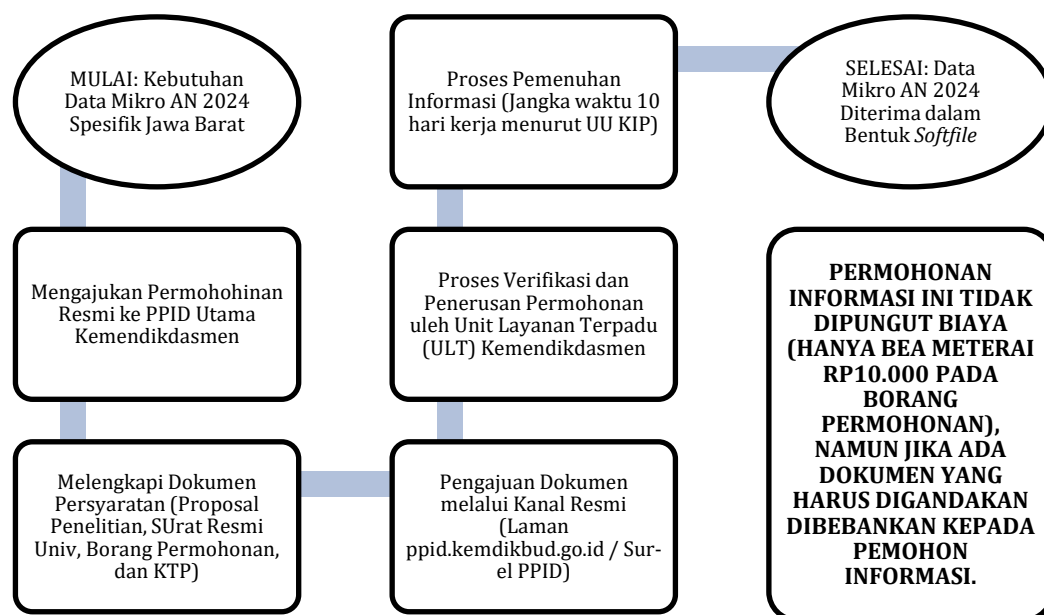
Untuk menjamin kesiapan teknis, pelaksanaan ANBK didahului oleh dua tahap uji coba nasional, yaitu Simulasi dan Gladi Bersih. Tahap Simulasi bertujuan menguji kesiapan infrastruktur, sedangkan Gladi Bersih merupakan uji coba menyeluruh menggunakan data peserta sebenarnya untuk memastikan kesiapan sistem, aplikasi, dan sumber daya manusia (proktor dan teknisi) sebelum hari pelaksanaan. (Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, 2024; Pusat Asesmen Pendidikan, 2024).

3.4.2. Prosedur Perolehan Data oleh Peneliti

Data penelitian diperoleh melalui dua tahap. Tahap pertama dilakukan dengan mengunduh dataset publik (*public use file*) hasil Asesmen Nasional 2024 untuk jenjang SMA yang dirilis resmi oleh Pusat Asesmen Pendidikan (Pusmendik) melalui laman Rapor Pendidikan. Namun, pemeriksaan awal menunjukkan bahwa variabel lokasi (kabupaten/kota) dalam dataset publik tersebut telah disamarkan (*masked*).

Mengingat keterbatasan data publik, dilakukan tahap kedua, yaitu mengajukan permohonan informasi publik resmi kepada Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi (PPID) Utama Kemendikdasmen. Langkah ini bertujuan mendapatkan data mikro spesifik untuk satuan pendidikan di Provinsi Jawa Barat. Prosedur detail permohonan ini disajikan dalam **Gambar 3.1**.

Prosedur ini ditempuh dengan melampirkan proposal penelitian dan surat permohonan resmi sesuai Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik guna menjamin keabsahan data. Dokumen persyaratan yang diserahkan meliputi borang permohonan, borang pernyataan pemohon informasi, dan fotokopi identitas peneliti. Permohonan disampaikan melalui kanal daring (laman <https://ppid.kemdikbud.go.id/>) dan melalui surel resmi PPID Utama. Berdasarkan UU No. 14 Tahun 2008, jangka waktu pemenuhan informasi berlangsung selama 10 hari kerja.



Gambar 3.1: Prosedur Permintaan Informasi Publik Data Mikro AN 2024

3.5. Variabel Penelitian dan Operasionalisasi

Penelitian ini melibatkan satu variabel hasil (*outcome variable*) dan beberapa variabel kondisi (*causal conditions*) yang diambil dari data sekunder Rapor Pendidikan AN 2024. Definisi konseptual dan operasional lengkap telah diuraikan pada Bab 2 (**Sub-bab 2.5**). Bagian ini akan merangkum indikator spesifik yang digunakan dalam analisis data.

3.5.1. Variabel Hasil (*Outcome Variable*)

Variabel hasil dalam penelitian ini adalah **Capaian Numerasi Siswa**. Variabel ini diukur melalui skor rata-rata numerasi satuan pendidikan (sekolah) yang tercantum dalam kolom numerasi pada dataset Rapor Pendidikan.

3.5.2. Variabel Kondisi (*Causal Conditions*)

Variabel kondisi adalah faktor-faktor yang dihipotesiskan dapat berkombinasi untuk menghasilkan capaian numerasi tinggi. Pemilihan variabel ini didasarkan pada temuan dominan dari Tinjauan Pustaka Sistematis (Bab 2) dan ketersediaan data yang relevan dalam dataset AN

2024. Rincian indikator dan sumber data untuk setiap variabel kondisi disajikan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Operasionalisasi Variabel Kondisi

Variabel Kondisi	Dimensi	Indikator/Variabel dalam Dataset	Sumber Data
Kualifikasi Guru	Profesionalisme	Proporsi guru bersertifikat pendidik (<i>proporsi_pendidik_sertifikasi</i>)	Dapodik
Kualitas Pembelajaran	Praktik Kelas (Numerasi)	Indeks Pembelajaran Numerasi (Diukur dari indeks PNUM)	Asesmen Nasional (AN)
Iklim Sekolah	Keamanan & Kebinekaan	1. Indeks Perasaan Aman di Sekolah (Diukur dari indeks SAF) 2. Indeks Sikap Terhadap Kesenjangan Budaya (Diukur dari indeks AMKB)	Asesmen Nasional (AN)
Status Sosioekonomi (SES) Sekolah	Latar Belakang Keluarga Agregat	Indeks Status Sosioekonomi Sekolah berdasarkan agregasi IASP dan Asesmen Nasional (Diukur dari indeks SES_sekolah)	Asesmen Nasional (AN)
Partisipasi Orang Tua	Keterlibatan dalam Aktivitas Sekolah	Indeks Partisipasi Orang Tua (Diukur dari indeks POT)	Asesmen Nasional (AN)
Kesejahteraan Psikologis Siswa	Iklim Afektif Sekolah	Indeks Perasaan Nyaman di Sekolah (Diukur dari indeks WEL)	Asesmen Nasional (AN)

3.6. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode *fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis* (fs/QCA). Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu mengidentifikasi kombinasi faktor atau konfigurasi kausal yang cukup untuk menghasilkan capaian numerasi tinggi. Hal ini berbeda dengan

pendekatan statistik konvensional (seperti regresi) yang bertujuan mencari pengaruh rata-rata dari setiap variabel secara terpisah.

Sebagai pendekatan yang berorientasi pada kasus (*case-oriented*), fs/QCA menggunakan prinsip teori himpunan (*set theory*) dan logika Boole. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis bagaimana berbagai kondisi berkombinasi untuk menghasilkan sebuah luaran (*outcome*). Melalui metode ini, penelitian dapat mengidentifikasi prinsip ekuifinalitas (adanya berbagai pola berbeda menuju hasil yang sama) dan kausalitas asimetris (penyebab yang mengarah pada capaian numerasi rendah bukanlah sekadar kebalikan dari penyebab yang mengarah pada capaian numerasi tinggi).

Alur analisis data akan mengikuti prosedur standar dalam metodologi fs/QCA, yang meliputi tiga tahap utama:

1. **Kalibrasi data:** Mengubah data mentah menjadi skor keanggotaan himpunan *fuzzy*.
2. **Analisis syarat perlu (*necessary conditions*):** Menguji apakah terdapat faktor tunggal yang mutlak harus ada sebagai prasyarat.
3. **Analisis syarat cukup (*sufficient conditions*):** Mengidentifikasi berbagai kombinasi pola yang mengarah pada capaian numerasi tinggi melalui konstruksi tabel kebenaran (*truth table*) dan minimisasi Boole.

3.6.1. Pemilihan Perangkat Lunak

Seluruh proses analisis dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak statistika R, dengan memanfaatkan paket program spesialis 'QCA' yang dikembangkan oleh Adrian Duşa (2019). Pemilihan perangkat lunak ini didasarkan pada tiga pertimbangan metodologis utama.

Pertama, paket 'QCA' diakui secara luas sebagai salah satu perangkat paling komprehensif untuk analisis komparatif di ilmu sosial (Thiem & Duşa, 2013). Paket ini mencakup seluruh prosedur inti yang dibutuhkan, mulai dari kalibrasi himpunan *fuzzy*, analisis syarat perlu, hingga konstruksi tabel kebenaran dan penurunan solusi konfigurasi. Kemampuannya yang terintegrasi penuh dalam lingkungan R memungkinkan kontrol analitis yang

presisi, terutama dalam menentukan fungsi kalibrasi dan ambang batas konsistensi yang sesuai dengan konteks data.

Kedua, penggunaan R menjamin prinsip transparansi dan replikabilitas. Berbeda dengan perangkat lunak berbasis antarmuka grafis (*point-and-click*) yang sering menyembunyikan proses analitis, R mengharuskan peneliti menulis setiap langkah analisis dalam bentuk skrip (sintaks). Skrip ini berfungsi sebagai dokumentasi permanen yang memungkinkan penguji atau peneliti lain untuk memverifikasi dan mereplikasi setiap keputusan metodologis yang diambil. Hal ini sejalan dengan prinsip Sains Terbuka (*Open Science*) yang mengutamakan keterbukaan proses.

Ketiga, sebagai platform *open-source* yang didukung komunitas akademik global, R menjamin aksesibilitas dan pembaruan metodologis yang berkelanjutan. Dukungan komunitas yang aktif memastikan bahwa algoritma yang digunakan dalam penelitian ini merefleksikan standar teknis terkini dalam literatur fs/QCA.

3.6.2. Persiapan dan Pembersihan Data

Tahap selanjutnya setelah pemilihan perangkat lunak adalah persiapan data. Dataset Rapor Pendidikan yang diperoleh melalui proses pembersihan data (*data cleaning*) untuk memastikan kelengkapan nilai pada semua variabel yang diteliti. Satuan pendidikan (sekolah) yang tidak memiliki data lengkap untuk salah satu variabel hasil atau variabel kondisi dikeluarkan dari analisis akhir. Langkah ini dilakukan untuk menjaga validitas hasil dan memastikan bahwa perbandingan antarkasus dilakukan pada basis data yang setara (*apple-to-apple*).

3.6.3. Kalibrasi Variabel

Setelah data bersih, langkah paling krusial dalam fs/QCA adalah kalibrasi. Proses ini mengikuti metode langsung (*direct method*) yang dijelaskan oleh Ragin (2008). Data mentah yang bersifat interval ditransformasikan menjadi skor keanggotaan dalam sebuah himpunan, dengan rentang nilai dari 0 (bukan anggota penuh) hingga 1 (anggota penuh).

Untuk setiap variabel, ditetapkan tiga titik jangkar kualitatif (*qualitative anchors*). Penetapan ini mengikuti standar dalam literatur QCA:

1. **Ambang batas keanggotaan penuh** (skor *fuzzy* $\approx 0,95$).
2. **Titik persilangan** (*crossover point*) yang merepresentasikan ambiguitas maksimal (skor *fuzzy* = 0,50).
3. **Ambang batas bukan keanggotaan penuh** (skor *fuzzy* $\approx 0,05$).

Secara operasional, penentuan nilai mentah untuk ketiga jangkar tersebut didasarkan pada distribusi data empiris menggunakan nilai kuartil: persentil ke-75 (P75) untuk batas atas, persentil ke-50 (P50/Median) untuk titik persilangan, dan persentil ke-25 (P25) untuk batas bawah. Pemilihan kuartil ini didasarkan pada pertimbangan bahwa distribusi data pendidikan cenderung heterogen. Penggunaan *cut-off* ekstrem (seperti P10–P90) berpotensi bias akibat nilai pencilan (*outliers*), sedangkan kuartil (P25–P75) dianggap lebih stabil dan representatif dalam membedakan kategori sekolah (Yang dkk., 2023; Yang dkk., 2022).

Secara matematis, prosedur kalibrasi metode langsung ini bekerja dengan mentransformasikan skor keanggotaan *fuzzy* (μ) yang berada dalam interval $[0, 1]$ menjadi nilai *log-odds* (L) yang memiliki rentang tak terhingga. Rumus transformasi tersebut adalah:

$$L_i = \ln\left(\frac{\mu_i}{1 - \mu_i}\right)$$

Berdasarkan rumus ini, tiga jangkar kualitatif (0,95; 0,50; 0,05) dikonversi menjadi nilai *log-odds* yang simetris:

- $L_{0.95} = \ln\left(\frac{0,95}{0,05}\right) \approx 2,944$
- $L_{0.50} = \ln\left(\frac{0,50}{0,50}\right) = 0$
- $L_{0.05} = \ln\left(\frac{0,05}{0,95}\right) \approx -2,944$

Perangkat lunak R kemudian melakukan interpolasi linear antara skor mentah data dengan skor *log-odds* jangkar ini. Setelah nilai *log-odds* untuk sebuah kasus (L_x) ditemukan, nilai tersebut dikonversi kembali menjadi skor *fuzzy* (μ_x) menggunakan rumus invers berikut:

$$\mu_x = \frac{1}{1 + e^{-L_x}}$$

Prosedur matematis inilah yang diterapkan dalam contoh perhitungan manual yang disajikan di Bab 4.

Untuk menjamin kekokohan temuan (*robustness*), penelitian ini juga melakukan uji sensitivitas dengan menggeser nilai ambang kalibrasi sebesar $\pm 5\%$ dari titik awal (P25, P50, P75). Hasil uji sensitivitas yang disajikan pada **Lampiran 13** (lihat hal. 151) menunjukkan bahwa konfigurasi utama relatif stabil, Hal ini mendukung validitas keputusan penggunaan jangkar P25–P75 dalam penelitian ini. Detail lengkap mengenai nilai titik potong untuk setiap variabel disajikan pada **Lampiran 10** (lihat hal. 141).

3.6.4. Analisis Syarat Perlu (*Analysis of Necessary Conditions*)

Setelah semua variabel dikalibrasi, analisis dilanjutkan dengan menguji syarat perlu. Sebuah kondisi dianggap perlu jika kondisi tersebut mutlak harus ada agar hasil yang diharapkan dapat terjadi. Analisis ini menguji apakah ada satu kondisi tunggal yang selalu hadir di setiap sekolah yang memiliki capaian numerasi tinggi.

Sesuai standar metodologis, sebuah kondisi dianggap sebagai syarat perlu jika nilai konsistensinya sangat tinggi, umumnya melampaui ambang batas 0,90 (Ragin, 2008). Secara matematis, perhitungan ini didasarkan pada prinsip teori himpunan untuk mengukur sejauh mana himpunan kasus dengan hasil akhir (capaian numerasi tinggi) merupakan bagian dari himpunan kasus yang memiliki kondisi tersebut.

3.6.5. Analisis Syarat Cukup (*Analysis of Sufficient Conditions*)

Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi syarat cukup. Prosedur ini dimulai dengan pembuatan tabel kebenaran (*truth table*) dari data yang telah dikalibrasi. Tabel ini menampilkan semua kemungkinan kombinasi logis dari variabel kondisi, beserta jumlah kasus dan tingkat konsistensi untuk setiap kombinasi. Setelah menetapkan ambang batas frekuensi (untuk memastikan setiap konfigurasi memiliki jumlah kasus yang memadai) dan ambang batas

konsistensi (biasanya di atas 0,80), tabel ini dianalisis menggunakan algoritma minimisasi Boole.

Proses analisis ini akan menghasilkan tiga jenis solusi:

1. **Solusi Kompleks:** Solusi tanpa penyederhanaan asumsi.
2. **Solusi Parsimoni:** Solusi yang paling sederhana, menggunakan segala asumsi logis (*counterfactuals*) yang memungkinkan.
3. **Solusi Intermediate:** Solusi penengah yang menggunakan asumsi logis berdasarkan input teoretis peneliti.

Sesuai praktik terbaik, solusi *intermediate* menjadi fokus utama interpretasi karena dianggap sebagai solusi yang paling seimbang dan dapat dipertanggungjawabkan secara teoretis maupun empiris (Ragin, 2008).

Kekuatan setiap konfigurasi solusi dievaluasi menggunakan dua parameter kunci: Konsistensi (*Consistency*) dan Cakupan (*Coverage*). Berikut adalah formula standar dan penjelasan maknanya:

1. **Konsistensi (*Consistency*)**

Parameter ini mengukur seberapa akurat sebuah konfigurasi dalam menghasilkan luaran. Sederhananya, ini menjawab pertanyaan: "Seberapa sering kombinasi faktor ini berhasil menghasilkan capaian numerasi tinggi?"

Rumus Konsistensi:

$$Konsistensi(X \leq Y) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(X_i, Y_i)}{\sum_{i=1}^n X_i}$$

Keterangan:

X_i : skor keanggotaan kasus ke- i dalam konfigurasi (sebab)

Y_i : skor keanggotaan kasus ke- i dalam hasil akhir (akibat)

2. **Cakupan (*Coverage*)**

Parameter ini mengukur seberapa besar kekuatan penjelas dari sebuah konfigurasi terhadap total hasil yang ada. Sederhananya, ini menjawab pertanyaan: "Seberapa banyak sekolah dengan capaian numerasi tinggi yang dapat dijelaskan oleh pola ini?"

Rumus Cakupan:

$$Cakupan(X \leq Y) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(X_i, Y_i)}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

Keterangan:

$\sum_{i=1}^n Y_i$: total skor keanggotaan dari semua kasus dalam hasil akhir

Penyajian formula dan definisi ini bertujuan memberikan transparansi penuh atas proses perhitungan di balik temuan penelitian.

3.7. Uji Kekokohan (*Robustness*) dan Validitas Metode Penelitian

Bagian ini bertujuan menegaskan validitas dan kekokohan (*robustness*) penerapan *fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis* (fs/QCA) dalam konteks sampel kecil (*small-N*) dengan banyak kondisi. Langkah ini penting untuk memitigasi risiko metodologis yang dapat memengaruhi kesimpulan. Literatur metodologis menekankan bahwa fs/QCA sensitif terhadap penetapan parameter, seperti ambang batas konsistensi (*consistency threshold*), frekuensi minimal, dan jangkar kalibrasi. Variasi kecil pada keputusan peneliti berpotensi mengubah komposisi konfigurasi hasil, terutama ketika jumlah kasus relatif kecil dibandingkan jumlah kondisi (Krogslund dkk., 2015; Braumoeller, 2017).

Untuk memverifikasi hasilnya, penelitian ini menjalankan serangkaian uji ketahanan yang mencakup tiga strategi utama:

Pertama, Rasionalisasi Kondisi Berbasis Teori. Peneliti menyadari bahwa rasio antara jumlah kasus (17 sekolah) dan jumlah kondisi (6 variabel) merupakan titik rawan. Untuk mengatasinya, diterapkan strategi pengurangan kompleksitas sebelum analisis dilakukan. Kondisi diklasifikasikan menjadi faktor jauh (*remote factors*, seperti SES sekolah) dan faktor dekat (*proximate factors*, seperti iklim sekolah dan kesejahteraan psikologis), sebagaimana disarankan oleh Schneider dan Wagemann (2006). Strategi ini memastikan bahwa konfigurasi yang dihasilkan merupakan hasil yang substantif secara teoretis, bukan sekadar kebetulan statistik akibat keterbatasan variasi data (*limited diversity*).

Kedua, Transparansi Kalibrasi. Kalibrasi data ke dalam himpunan *fuzzy* dilakukan dengan menyeimbangkan pertimbangan teoretis dan distribusi data statistik (persentil). Mengingat penetapan titik persilangan (*crossover point*) sangat menentukan hasil (Yang dkk., 2022), penelitian ini mendokumentasikan seluruh keputusan kalibrasi secara transparan. Setiap penetapan jangkar (0,95; 0,50; 0,05) memiliki dasar konseptual yang jelas, sehingga proses ini tidak bersifat mekanistik, melainkan dapat dilacak dan direplikasi oleh peneliti lain.

Ketiga, Uji Sensitivitas Parameter. Kekokohan hasil diuji dengan memvariasikan parameter analisis. Penelitian ini melakukan estimasi ulang solusi dengan mengubah ambang batas konsistensi (misalnya pada 0,75 dan 0,85) dan menggeser jangkar kalibrasi (seperti yang dilaporkan pada Bab 4). Tujuannya adalah untuk membandingkan apakah pola utama tetap stabil meskipun parameter diubah sedikit. Konsistensi pola yang muncul lintas-skenario ini memperkuat bukti adanya ekuifinalitas dan kausalitas asimetris, sedangkan perubahan minor yang muncul dicatat sebagai batasan penelitian (Skaaning, 2011; Glaesser & Cooper, 2014).

3.8. Keterbatasan dan Strategi Mitigasi Penggunaan Data Sekunder

Penggunaan data sekunder dari Asesmen Nasional memberikan keuntungan dalam hal cakupan yang luas dan efisiensi. Namun, pendekatan ini juga memiliki keterbatasan yang harus diakui secara terbuka dan ditangani secara metodologis.

Kekuatan utama data sekunder meliputi ukuran sampel yang besar, standar pengukuran yang baku, serta relevansi yang tinggi terhadap kebijakan. Meskipun demikian, konstruk yang tersedia dalam dataset tidak selalu selaras sempurna dengan pertanyaan penelitian. Akibatnya, beberapa konsep—seperti praktik pembelajaran spesifik atau motivasi intrinsik siswa—harus diwakili oleh indikator pengganti (*proxy*) (Olsen & Lie, 2006; Klieme, 2020). Selain itu, potensi kesalahan pengukuran, termasuk isu teknis seperti penggunaan nilai estimasi (*plausible values*) dan pembobotan sampel, perlu dipertimbangkan karena dapat memengaruhi akurasi data tingkat sekolah (Foy & Yin, 2015; Wu, 2005). Dengan menyadari batasan ini, peneliti memastikan bahwa interpretasi hasil tetap proporsional dan tidak melampaui kapasitas data yang ada.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini menerapkan tiga strategi mitigasi:

1. **Agregasi Data yang Hati-hati:** Proses penggabungan data dari tingkat siswa ke tingkat sekolah mengikuti standar praktik terbaik, seperti menetapkan jumlah minimal siswa per sekolah dan memeriksa keandalan data. Langkah ini bertujuan agar karakteristik unik setiap sekolah tetap terwakili dengan baik.
2. **Uji Sensitivitas Desain:** Dilakukan evaluasi untuk melihat apakah hasil konfigurasi tetap stabil ketika ada perubahan pada indikator yang digunakan. Hal ini memastikan bahwa temuan tidak bergantung pada satu pilihan teknis saja.
3. **Penekanan pada Sifat Eksploratori:** Temuan penelitian ini diposisikan sebagai **hipotesis konfigurasi** yang membuka jalan untuk pengujian lebih lanjut, misalnya melalui studi metode campuran (*mixed methods*). Generalisasi hasil dilakukan dengan hati-hati mengingat adanya perbedaan konteks budaya dan kebijakan antardaerah (Kuger dkk., 2017; Orletsky dkk., 2015).

Pendekatan ini bertujuan meminimalkan bias interpretasi sekaligus memaksimalkan nilai tambah data sekunder untuk memahami ekologi numerasi di sekolah.