

DEVELOPMENT OF FUEL CELL ELECTRIC VEHICLE TEST INSTRUMENT FOR STUDENTS WITH GEMINI AI MULTI-ROUND

Andika Naufal Puku^{1*}, Wahid Munawar², Sriyono³, Deliana Amanda⁴

Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri^{1,2,3}
SMA Yadika Soreang⁴

Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 40154

Smpnpb38@upi.edu; sriyono@upi.edu; wahidmunawar@upi.edu; da.amanda02@gmail.com

ABSTRACT/ABSTRAK

This Research and Development study, adopting the 4D model, aims to develop and test the feasibility of a valid and reliable knowledge test instrument for Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) material for students of Automotive Engineering Education, while integrating the methodological innovation of the Gemini AI Multi-Round large language model. The development process included the Define stage (analyzing the need for a standard instrument) and the Design stage (developing the test blueprint from cognitive levels C1 to C6). In the Develop stage, test items were created using the iterative Gemini AI Multi-Round procedure; the blueprint was validated by three experts, yielding a Content Validity Index of 1 (Valid). The Disseminate stage involved testing the instrument on 30 students. Quantitative analysis using Anates V4.0 showed the instrument is reliable, with an Alpha coefficient of 0.890. The majority of items were rated "Good" (70%), with difficulty levels predominantly "Moderate" (66.6%) and a discriminating power rated "Satisfactory" (48.3%). However, a significant weakness was found in distractor effectiveness, where 50 items (83.3%) were deemed "Not Functioning Well". In conclusion, this research successfully presents an efficient and innovative procedure using AI to produce a valid and reliable FCEV test instrument.

Penelitian *Research and Development* model 4D ini bertujuan mengembangkan dan menguji kelayakan instrumen tes pengetahuan *Fuel Cell Electric Vehicle* (FCEV) yang valid dan reliabel bagi mahasiswa Pendidikan Teknik Otomotif, dengan mengintegrasikan inovasi metodologis *Gemini AI Multi-Round*. Proses pengembangan melibatkan tahapan *Define* (analisis kebutuhan akan instrumen baku) dan *Design* (penyusunan kisi-kisi C1 hingga C6). Dalam tahap *Develop*, butir soal dikembangkan melalui prosedur iteratif *Gemini AI Multi-Round*, di mana kisi-kisi divalidasi oleh tiga ahli dengan menghasilkan nilai *Content Validity Index* sebesar 1 (Valid). Uji coba pada 30 mahasiswa menunjukkan instrumen reliabel, dengan koefisien Alpha mencapai 0,890. Kualitas butir tes mayoritas "Baik" (70%) dengan tingkat kesukaran "Sedang" (66,6%) dan daya beda "Cukup Memuaskan" (48,3%). Meskipun demikian, terdapat kelemahan signifikan pada efektivitas distraktor, di

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received
05 Jan 2026

First Revised
12 Jan 2026

Accepted
25 Jan 2026

Online Date
30 Jan 2026

Publication Date
14 Jun 2026

Keywords:

Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV); Test Instrument; Gemini AI; Multi-Round; Validity; Reliability.

Kata kunci:

Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV); Instrumen Tes; Gemini AI; Multi-Round; Validitas; Reliabilitas.

mana 50 butir soal (83,3%) dinyatakan "Belum Berfungsi Baik". Secara keseluruhan, penelitian ini menyajikan prosedur inovatif yang efisien untuk menghasilkan instrumen FCEV yang valid dan reliabel.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kendaraan listrik menjadi strategi penting dalam menekan emisi karbon global, termasuk di Indonesia yang menargetkan *Net Zero Emission* pada tahun 2060. Pemerintah mendorong percepatan adopsi kendaraan listrik melalui Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019. Data menunjukkan bahwa populasi kendaraan listrik di Indonesia terus meningkat, terutama pada *Battery Electric Vehicle* (BEV), seiring dukungan kebijakan dan investasi industri otomotif (IESR, 2021; Kementerian Perindustrian, 2023; Kompas.com, 2024).

Selain BEV, teknologi *Fuel Cell Electric Vehicle* (FCEV) memiliki potensi jangka panjang karena mampu menghasilkan energi listrik dari hidrogen dengan emisi nol, waktu pengisian cepat, dan jarak tempuh yang lebih jauh (International Energy Agency, 2022; Mo dkk., 2023). Dengan potensi pengembangan hidrogen hijau, penguasaan teknologi FCEV menjadi relevan bagi Indonesia.

Namun, perkembangan teknologi kendaraan listrik belum sepenuhnya diimbangi oleh kesiapan pendidikan teknik otomotif. Sejumlah penelitian menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan industri dengan kurikulum dan sistem evaluasi pembelajaran kendaraan listrik (Tamtomo dkk., 2022; Rizky dkk., 2023; Sari & Puspitasari, 2023). Pada teknologi FCEV, ketersediaan instrumen tes yang valid dan reliabel masih sangat terbatas, sehingga penilaian kompetensi mahasiswa belum optimal (Yadnyawati & Dachliyani, 2019).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan instrumen tes pengetahuan FCEV yang valid dan reliabel bagi mahasiswa Pendidikan Teknik Otomotif dengan memanfaatkan Gemini AI *Multi-Round*. Pemanfaatan kecerdasan buatan dalam asesmen pendidikan terbukti mampu meningkatkan efisiensi dan kualitas pengembangan instrumen evaluasi (Owan dkk., 2023).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan mengadaptasi model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*). Model ini dipilih karena sistematis dan sesuai untuk pengembangan instrumen evaluasi pendidikan yang menekankan validitas dan reliabilitas (Thiagarajan dkk., 1974; Suratno, 2017).

1. Tahap *Define*

Tahap *define* bertujuan mengidentifikasi kebutuhan pengembangan instrumen tes FCEV. Kegiatan pada tahap ini meliputi analisis kurikulum Pendidikan Teknik Otomotif,

analisis karakteristik mahasiswa, serta studi literatur terkait teknologi FCEV dan pengembangan instrumen tes. Selain itu, dilakukan wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah teknologi kendaraan listrik untuk mengidentifikasi keterbatasan instrumen evaluasi yang selama ini digunakan. Hasil tahap ini menunjukkan belum tersedianya instrumen tes FCEV yang terstandar, valid, dan reliabel untuk mengukur pemahaman mahasiswa secara komprehensif.

2. Tahap *Design*

Tahap *design* difokuskan pada perancangan instrumen tes. Pada tahap ini disusun kisi-kisi instrumen berdasarkan capaian pembelajaran dan taksonomi kognitif C1–C6. Bentuk tes yang dikembangkan adalah tes objektif pilihan ganda dengan satu jawaban benar dan beberapa pengecoh (distractor). Penyusunan kisi-kisi memperhatikan kaidah penulisan butir soal yang baik, meliputi kejelasan stem, homogenitas opsi jawaban, dan keterjangkauan pengecoh (Gronlund & Linn, 1990; Haladyna dkk., 2002).

3. Tahap *Develop*

Tahap *develop* dilakukan melalui dua langkah utama. Langkah pertama adalah validasi kisi-kisi materi, yang melibatkan tiga ahli untuk menilai kesesuaian materi, indikator, dan tingkat kognitif yang diukur. Validitas isi kisi-kisi dianalisis menggunakan *Content Validity Index* (CVI) untuk memastikan seluruh indikator telah merepresentasikan kompetensi FCEV secara komprehensif.

Langkah kedua adalah pengembangan butir soal menggunakan pendekatan Gemini *AI Multi-Round* (iteratif). Pada tahap ini, butir soal disusun berdasarkan kisi-kisi yang telah divalidasi melalui beberapa putaran pembuatan, peninjauan, dan revisi hingga diperoleh soal yang sesuai secara substansi dan konstruksi. Instrumen yang dihasilkan kemudian diuji cobakan kepada 30 mahasiswa Pendidikan Teknik Otomotif. Data hasil uji coba dianalisis untuk mengetahui reliabilitas instrumen serta karakteristik butir soal, meliputi tingkat kesukaran, daya beda, dan efektivitas distraktor. Reliabilitas dihitung menggunakan koefisien Alpha, sedangkan analisis butir dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Anates V4.0 (Arikunto, 2018; Nitko & Brookhart, 2011).

4. Tahap *Disseminate*

Tahap *disseminate* dilakukan secara terbatas melalui penerapan instrumen tes pada mahasiswa sebagai subjek penelitian. Pada tahap ini, instrumen yang telah dinyatakan valid dan reliabel digunakan untuk memperoleh gambaran kualitas akhir instrumen. Hasil analisis tahap ini menjadi dasar rekomendasi perbaikan instrumen serta rujukan bagi pendidik dalam melakukan evaluasi pembelajaran FCEV secara objektif dan terstandar.

3. HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian disajikan berdasarkan tahapan pengembangan instrumen tes FCEV menggunakan model 4D.

1. Hasil Tahap *Define*

Pada tahap *define*, hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pembelajaran teknologi kendaraan listrik, khususnya FCEV, belum didukung oleh instrumen tes yang terstandar. Instrumen evaluasi yang digunakan masih bersifat konvensional dan belum melalui pengujian validitas serta reliabilitas, sehingga belum mampu mengukur tingkat pemahaman mahasiswa secara objektif dan komprehensif. Temuan ini menegaskan perlunya pengembangan instrumen tes FCEV yang sesuai dengan capaian pembelajaran Pendidikan Teknik Otomotif.

2. Hasil Tahap *Design*

Tahap *design* menghasilkan kisi-kisi materi dan indikator soal yang disusun berdasarkan capaian pembelajaran dan taksonomi kognitif C1–C6. Kisi-kisi mencakup materi sistem FCEV, komponen utama, prinsip kerja, sistem penyimpanan hidrogen, serta sistem pendukung kendaraan. Hasil tahap ini berupa kisi-kisi instrumen tes pilihan ganda yang menjadi dasar pengembangan butir soal pada tahap berikutnya.

3. Hasil Tahap *Develop*

a. Validasi Kisi-Kisi Materi

Hasil validasi kisi-kisi materi oleh tiga ahli menunjukkan bahwa seluruh indikator dinyatakan sesuai dengan kompetensi yang diukur. Nilai CVI sebesar 1, yang mengindikasikan tingkat validitas isi yang sangat tinggi. Dengan demikian, kisi-kisi materi dinyatakan layak digunakan sebagai dasar pengembangan butir soal FCEV.

Berikut adalah tabel hasil validasi oleh ahli materi :

Tabel 1. Hasil validasi materi (CVI)

Indikator	Nilai	Hasil
1	1	Valid
2	1	Valid
3	1	Valid
4	1	Valid
5	1	Valid
6	1	Valid
7	1	Valid
8	1	Valid
9	1	Valid
10	1	Valid
11	1	Valid

Indikator	Nilai	Hasil
12	1	Valid
13	1	Valid
14	1	Valid
15	1	Valid
16	1	Valid
17	1	Valid
18	1	Valid
19	1	Valid
20	1	Valid
21	1	Valid
22	1	Valid
23	1	Valid
24	1	Valid
25	1	Valid
26	1	Valid
27	1	Valid
28	1	Valid
29	1	Valid
30	1	Valid
31	1	Valid
32	1	Valid
33	1	Valid
34	1	Valid
35	1	Valid
36	1	Valid
37	1	Valid
38	1	Valid
39	1	Valid
40	1	Valid
41	1	Valid
42	1	Valid
43	1	Valid
44	1	Valid
45	1	Valid
46	1	Valid
47	1	Valid
48	1	Valid
49	1	Valid
50	1	Valid
51	1	Valid
52	1	Valid
53	1	Valid
54	1	Valid
55	1	Valid
56	1	Valid
57	1	Valid
58	1	Valid

Indikator	Nilai	Hasil
59	1	Valid
60	1	Valid
Total	60	

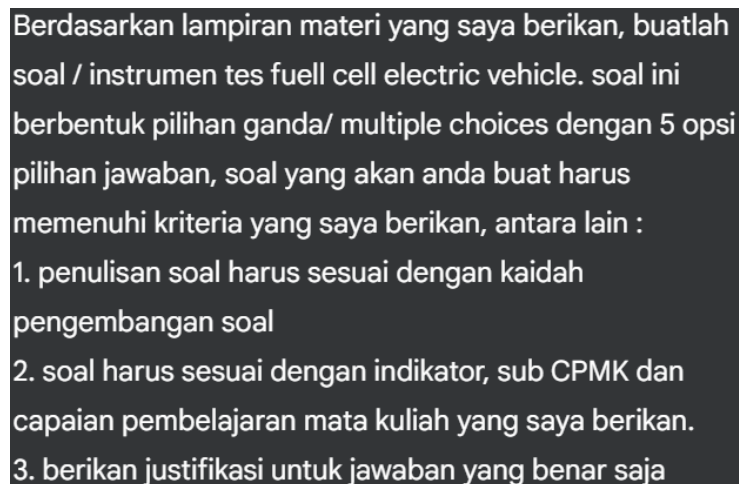
$$CVI = \frac{\text{jumlah CVR}}{\text{Jumlah Item}} = \frac{60}{60} = 1(\text{Valid})$$

b. Pengembangan Soal Gemini AI *Multi-Round* dan Uji Coba

Berdasarkan kisi-kisi yang telah divalidasi, dikembangkan butir soal menggunakan pendekatan Gemini AI *Multi-Round* (iteratif). Proses ini menghasilkan seperangkat soal yang telah direvisi secara bertahap berdasarkan kesesuaian materi dan konstruksi soal. Instrumen kemudian diujicobakan kepada 30 mahasiswa Pendidikan Teknik Otomotif.

Berikut adalah tahap iteratif pada pembuatan soal oleh Gemini AI

1. Fase 1 (inisiasi draft awal) : Tahap awal dalam pembuatan Instrumen tes dengan Gemini AI *Multi-Round* adalah memberikan materi FCEV kepada Gemini AI dengan memasukan *Prompt/Perintah* :



Berdasarkan lampiran materi yang saya berikan, buatlah soal / instrumen tes fuel cell electric vehicle. soal ini berbentuk pilihan ganda/ multiple choices dengan 5 opsi pilihan jawaban, soal yang akan anda buat harus memenuhi kriteria yang saya berikan, antara lain :

1. penulisan soal harus sesuai dengan kaidah pengembangan soal
2. soal harus sesuai dengan indikator, sub CPMK dan capaian pembelajaran mata kuliah yang saya berikan.
3. berikan justifikasi untuk jawaban yang benar saja

Gambar 1. Gambar Inisiasi awal perintah

diikuti dengan melengkapi Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK).

Capaian pembelajaran mata kuliah : Mahasiswa mampu menguasai pengetahuan teoritis, prosedural, dan metakognitif terkait Teknologi Kendaraan Listrik, yang ditunjukkan melalui kemampuan Kognitif pada sistem, komponen, dan prosedur keselamatan kendaraan listrik.

Gambar 2. Inisiasi Perintah 2

2. Fase 2 (Round 1) inisiasi awal : Tahap selanjutnya adalah memberikan perintah sub CPMK dan Indikator kepada Gemini AI :

Sub CPMK : Setelah diberikan materi, mahasiswa dapat mengingat (C1) nama dan definisi komponen inti sistem hidrogen, dengan benar

indikator : Mahasiswa mampu menyebutkan fungsi utama dari fuel cell stack

Gambar 3. Round 1 (perintah awal soal)

3. Fase 3 (Round 2) Umpan balik dan revisi : Setelah mendapatkan umpan balik dari gemini AI peneliti harus mencermati apakah soal dan opsi jawaban sudah

Soal 1:

Komponen inti dalam sistem hidrogen pada *Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)* adalah *Fuel Cell Stack*. Apakah **fungsi utama** dari komponen tersebut?

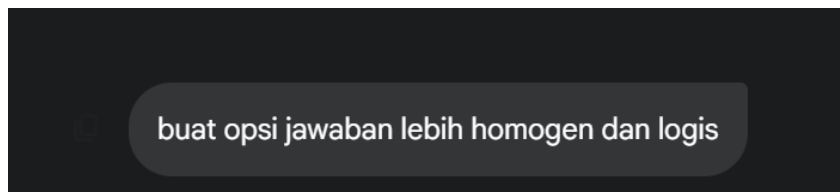
A. Mengatur kecepatan dinamo motor dan mengontrol suhu *stack* B. Menyimpan daya listrik yang dihasilkan sebelum digunakan oleh motor listrik C. Mengkonversi gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) menjadi listrik, panas, dan air D. Mengontrol waktu pembersihan untuk membuang air dan gas udara berlebihan di dalam sel bahan bakar E. Mengatur tekanan keluaran hidrogen yang akan disalurkan menuju *fuel cell stack*

Kunci Jawaban dan Justifikasi

Jawaban Benar: C. Mengkonversi gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) menjadi listrik, panas, dan air

memenuhi kriteria yang ditentukan:

Gambar 4. Feedback 1 (jawaban awal)



Setelah mendapatkan umpan balik harus dilakukan revisi :

Gambar 4. Round 1 (revisi awal)

4. Fase 4 (Round 3) revisi akhir : Setelah mendapatkan umpan balik yang ke -2 dari

Tentu, saya akan merevisi soal pertama untuk membuat opsi jawaban lebih homogen dan logis, sehingga menguji kemampuan membedakan fungsi komponen inti secara spesifik.

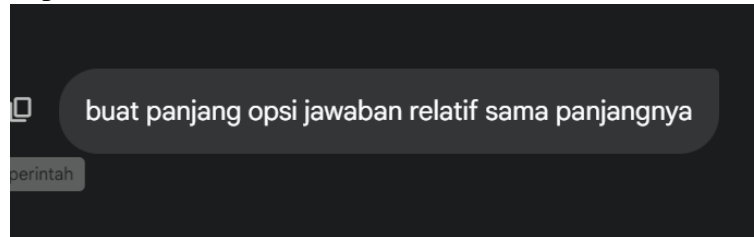
Gemini AI :

Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) menggunakan sistem hidrogen yang salah satu komponen utamanya adalah *Fuel Cell Stack*. Apakah **fungsi utama** yang diemban oleh *Fuel Cell Stack* dalam sistem FCEV?

A. Menghubungkan suplai baterai 12 volt untuk menyalakan sistem *fuel cell*. B. Mengontrol laju pembersihan gas dan air berlebihan di dalam tumpukan sel. C. Mengatur tegangan keluaran tumpukan sel dari 27,5V menjadi 12V untuk pengontrol. D. Mengubah energi kimia dari gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) menjadi energi listrik, panas, dan air. E. Menyimpan gas hidrogen bertekanan tinggi dan menyalurkannya melalui regulator ke sistem. 🔄 🔄 🔄 🔄 🔄

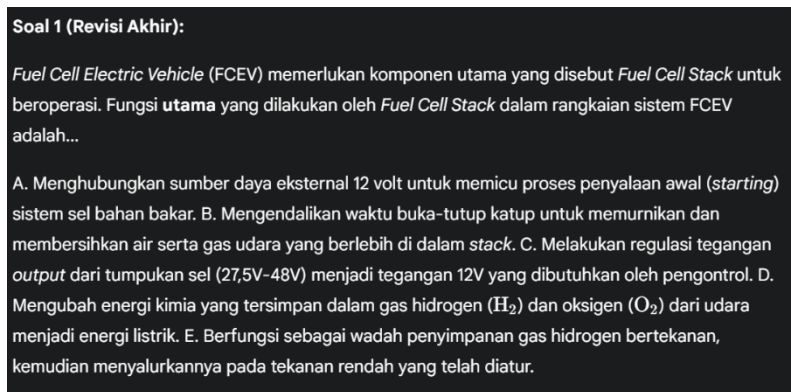
Gambar 5. Feedback revisi 1

dilanjutkan pada revisi akhir :



Gambar 6. Round 2 (revisi akhir)

lalu Gemini AI akan memberikan Soal/Instrumen dengan Revisi final yang sudah siap diterapkan kepada mahasiswa:



Gambar 7. Gambar feedback final gemini ai

Setelah seluruh proses pembuatan butir soal selesai (60 Soal) maka dilakukan inventarisir hasil *Round 3* (revisi akhir/final) dalam tabel yang berisi soal, opsi jawaban, kunci jawaban dan justifikasi jawaban

Hasil analisis uji coba menunjukkan bahwa instrumen memiliki koefisien reliabilitas Alpha sebesar 0,890, yang termasuk kategori reliabel tinggi. Analisis kualitas butir soal menunjukkan bahwa 70% butir soal berada pada kategori baik, dengan tingkat kesukaran didominasi kategori sedang sebesar 66,6%. Daya beda butir soal sebagian besar berada pada kategori cukup memuaskan (48,3%), yang menunjukkan kemampuan instrumen dalam membedakan tingkat kemampuan mahasiswa. Namun, hasil analisis efektivitas distraktor menunjukkan bahwa 83,3% distraktor belum berfungsi secara optimal, sehingga masih memerlukan perbaikan.

Berikut adalah tabel dari hasil analisis butir soal :

Tabel 2. Persentase Tingkat kesukaran

Kategori	Nomor Butir Tes	Jumlah (%)
Sukar	36 (1 butir)	1,6%
Sedang	6,9,11,13,14,17,18,19,20,22,25,26,27,28,29, 30,31,32,33,34,38,39,40,41,42,43,44,45,46, 47,48,50,51,52,53,54,56,57,59,60 (40 butir)	66,6%
Mudah	1,3,4,5,7,12,15,16,21,23,35,37,49,55,58 (15 butir)	25%
Sangat Mudah	2,8,10,24 (4 butir)	6,6%

Tabel 3. Persentase Daya Beda Butir Tes

Kategori	Nomor Butir Tes	Jumlah (%)
Cukup memuaskan	3, 9, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 26, 27, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 59, 60 (29 butir)	48,3%
Sedikit atau tanpa revisi	1, 2, 6, 8, 10, 15, 21, 25, 31, 33, 34, 42, 55, 58 (14 butir)	23,3%
Perbatasan atau perlu revisi	5, 7, 11, 28 (4 butir)	6,6%
Dibuang atau revisi total	4, 16, 18, 19, 20, 24, 28, 30, 32, 36, 47, 48, 53 (13 butir)	21,6%

Tabel 4. Persentase Efektivitas Distraktor

Kategori	Nomor Butir Tes dan Distraktor	Jumlah (%)
Berfungsi baik	5, 6, 17, 22, 25, 26, 38, 39, 43, 59 (10 butir)	16,6%
Belum berfungsi baik	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60 (50 butir)	83,3%

Rata2=38,97 Simpang Baku=10,25 KorelasiXY= 0,81 Reliabilitas Tes = **0,89**

No.Urut	No. Subyek	Kode>Nama Subyek	Skor Ganjil	Skor Genap	Skor Total
1	1		16	18	34
2	2	Al	9	11	20
3	3	Az	8	11	19
4	4		8	13	21
5	5		24	28	52
6	6		7	14	21
7	7	eka	12	9	21
8	8	noche	27	24	51
9	9	no	13	19	32
10	10		21	17	38
11	11	r	25	25	50
12	12		27	23	50
13	13	su	22	21	43
14	14	n	21	22	43
15	15	r	23	22	45
16	16		19	25	44
17	17	m	20	17	37
18	18	m	22	18	40
19	19		27	22	49
20	20		20	17	37
21	21		18	18	36
22	22	ad	21	23	44
23	23	r	26	24	50
24	24	bin	23	23	46
25	25	ma	27	24	51
26	26		23	23	46
27	27		20	21	41
28	28		22	20	42
29	29		17	16	33
30	30	yo	20	13	33

Gambar 9. Hasil Analisis Reliabilitas

4. Hasil Tahap *Disseminate*

Pada tahap *disseminate* terbatas, instrumen tes FCEV yang telah dinyatakan valid dan reliabel diterapkan sebagai alat evaluasi pembelajaran. Hasil tahap ini menunjukkan bahwa instrumen layak digunakan untuk mengukur pengetahuan mahasiswa tentang FCEV, meskipun diperlukan penyempurnaan lebih lanjut terutama pada aspek efektivitas distraktor agar kualitas instrumen semakin optimal.

4. PEMBAHASAN

1. Tahap *Define*

Tahap *define* berperan penting dalam memastikan arah pengembangan instrumen tetap relevan dengan kebutuhan pembelajaran. Temuan pada tahap ini menunjukkan bahwa ketiadaan instrumen evaluasi yang terstandar berdampak pada keterbatasan pengukuran kompetensi mahasiswa secara objektif. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya kesenjangan antara tuntutan materi teknologi kendaraan listrik dan perangkat evaluasi yang tersedia. Dengan demikian, analisis kebutuhan pada tahap *define* tidak hanya berfungsi sebagai pemetaan masalah, tetapi juga sebagai landasan konseptual yang menentukan urgensi dan fokus pengembangan instrumen.

2. Tahap *Design*

Pada tahap *design*, keterpaduan antara capaian pembelajaran, indikator, dan level kognitif menjadi faktor penentu kualitas instrumen. Struktur kisi-kisi yang disusun menunjukkan bahwa perancangan instrumen yang sistematis mampu meminimalkan bias pengukuran sejak awal. Hubungan antara kejelasan indikator dan keterukuran aspek kognitif menegaskan bahwa tahap *design* memiliki implikasi langsung terhadap validitas instrumen. Dengan perancangan yang tepat, instrumen tidak hanya mengukur penguasaan materi, tetapi juga mampu merepresentasikan tingkat berpikir mahasiswa secara proporsional.

3. Tahap *Develop*

Tahap *develop* memperlihatkan bagaimana kualitas instrumen dipengaruhi oleh proses penyempurnaan yang berkelanjutan. Validasi kisi-kisi materi memastikan bahwa ruang lingkup kompetensi yang diukur telah terwakili secara komprehensif, sehingga mengurangi potensi kesalahan substansi pada butir soal. Proses pengembangan soal secara iteratif menunjukkan adanya hubungan antara mekanisme revisi berulang dengan kestabilan hasil pengukuran. Meskipun demikian, variasi pada karakteristik butir soal mengindikasikan bahwa pengembangan instrumen tidak selalu menghasilkan kualitas yang seragam pada setiap aspek. Kondisi ini menegaskan bahwa pengembangan berbasis

teknologi tetap memerlukan evaluasi kritis, khususnya pada aspek psikometrik seperti efektivitas distraktor, agar instrumen benar-benar mampu membedakan tingkat kemampuan mahasiswa secara optimal.

4. Tahap *Disseminate*

Tahap memberikan gambaran mengenai keberterimaan dan kelayakan instrumen dalam konteks pembelajaran nyata. Penerapan instrumen secara terbatas menunjukkan bahwa alat ukur yang dikembangkan memiliki potensi untuk digunakan sebagai perangkat evaluasi pembelajaran teknologi otomotif. Namun demikian, hasil tahap ini juga mengindikasikan bahwa penerapan instrumen perlu disertai proses refleksi dan perbaikan berkelanjutan sebelum diimplementasikan secara luas. Dengan demikian, tahap *disseminate* tidak hanya berfungsi sebagai tahap akhir, tetapi juga sebagai umpan balik untuk pengembangan instrumen pada konteks dan materi pembelajaran lainnya.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan instrumen tes pengetahuan FCEV yang memiliki tingkat validitas dan reliabilitas yang memadai untuk digunakan dalam evaluasi pembelajaran pada pendidikan teknik otomotif. Proses pengembangan instrumen yang dilakukan secara sistematis memungkinkan keterpaduan antara kebutuhan pembelajaran, perancangan kisi-kisi, serta penyusunan butir soal sehingga instrumen mampu merepresentasikan kompetensi mahasiswa secara lebih objektif.

Pemanfaatan pendekatan pengembangan secara iteratif berbasis kecerdasan buatan menunjukkan potensi dalam meningkatkan efisiensi dan konsistensi pengembangan instrumen evaluasi, tanpa mengesampingkan peran validasi ahli sebagai pengendali kualitas. Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi teknologi dalam pengembangan instrumen penilaian dapat menjadi alternatif yang relevan dalam menjawab tuntutan pembelajaran teknologi otomotif yang terus berkembang.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kualitas instrumen masih memerlukan penyempurnaan, khususnya pada aspek efektivitas distraktor. Oleh karena itu, revisi lanjutan dan pengujian pada subjek yang lebih luas direkomendasikan sebelum instrumen diterapkan secara menyeluruh. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi metodologis dalam pengembangan instrumen evaluasi pembelajaran berbasis teknologi dan dapat dijadikan rujukan untuk pengembangan instrumen pada bidang teknologi otomotif lainnya.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para validator ahli atas saran dan penilaian yang diberikan dalam pengembangan instrumen penelitian. Selain itu, apresiasi disampaikan kepada mahasiswa Pendidikan Teknik Otomotif yang telah berpartisipasi sebagai subjek uji coba, serta kepada institusi yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini. Dukungan dan kontribusi dari berbagai pihak tersebut sangat berarti dalam penyelesaian penelitian ini.

7. REFERENSI

- Arikunto, S. (2018). *Dasar-dasar evaluasi pendidikan* (Edisi revisi). Bumi Aksara.
- Gronlund, N. E., & Linn, R. L. (1990). *Measurement and evaluation in teaching* (6th ed.). Macmillan.
- Haladyna, T. M., Downing, S. M., & Rodriguez, M. C. (2002). A review of multiple-choice item-writing guidelines for classroom assessment. *Applied Measurement in Education*, 15(3), 309–334. https://doi.org/10.1207/S15324818AME1503_5
- Institute for Essential Services Reform. (2021). *Indonesia Electric Vehicle Outlook 2021*. IESR.
- International Energy Agency. (2022). *Global EV Outlook 2022*. International Energy Agency.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2023). *Perkembangan industri kendaraan listrik di Indonesia*.
- Kompas.com. (2024). *Populasi kendaraan listrik di Indonesia terus meningkat*.
- Mo, T., Li, Y., & Luo, Y. (2023). Advantages and technological progress of hydrogen fuel cell vehicles. *World Electric Vehicle Journal*, 14(6), 162. <https://doi.org/10.3390/wevj14060162>
- Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2011). *Educational assessment of students* (6th ed.). Pearson Education.
- Owan, V. J., Abang, K. B., Idika, D. O., Etta, E. O., & Bassey, B. A. (2023). Exploring the potential of artificial intelligence tools in educational measurement and assessment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8), em2307. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13428>

- Rizky, A., Pratama, D., & Wibowo, A. (2023). Kesiapan pembelajaran kendaraan listrik di pendidikan vokasi otomotif. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 29(2), 145–154.
- Sari, D., & Puspitasari, R. (2023). Tantangan implementasi pembelajaran kendaraan listrik di pendidikan tinggi vokasi. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 13(1), 45–55.
- Suratno. (2017). *Metodologi penelitian pengembangan*. UNNES Press.
- Tamtomo, D., Dwilaksono, & Subiyanto. (2022). Kesesuaian kurikulum otomotif dengan kebutuhan industri kendaraan listrik. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 12(3), 321–330.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children*. Indiana University.
- Yadnyawati, I. A., & Dachliyani, L. (2019). *Perencanaan dan pengembangan tes hasil belajar*. Graha Ilmu.