

**PENGEMBANGAN MEDIA *VIRTUAL REALITY* TERINTEGRASI *PROBLEM BASED LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN ANALISIS PESERTA DIDIK SMK**

**Muhamad Dzikri Gumilang<sup>1</sup>, Eki Nugraha<sup>2</sup>, Nusuki Syariati Fathimah<sup>3</sup>**

Universitas Pendidikan Indonesia<sup>1,2,3</sup>

e-mail: [dzikrimuhamad@upi.edu](mailto:dzikrimuhamad@upi.edu)

Diterima: 25/6/2026; Direvisi: 10/8/2026; Diterbitkan: 15/8/2026

**ABSTRAK**

Ketiadaan visualisasi konkret mengenai alur distribusi data pada materi topologi jaringan komputer sering memicu miskonsepsi spasial yang menghambat kemampuan analisis peserta didik SMK. Penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model ADDIE ini bertujuan merancang produk media *Virtual Reality* (VR) bernama *VRNet Topology* terintegrasi *Problem-Based Learning* (PBL) serta menguji efektivitasnya. Subjek penelitian melibatkan 38 peserta didik kelas X Teknik Komputer dan Jaringan di salah satu SMK di Bandung menggunakan desain *Pre-Experimental One-Group Pretest-Posttest*. Data dianalisis melalui uji *Shapiro-Wilk*, uji *Wilcoxon Signed-Rank*, dan indeks *Normalized Gain* (*N-Gain*). Hasil validasi ahli mengonfirmasi kelayakan produk dengan persentase 71 persen (*layak*). Uji *Wilcoxon* menghasilkan nilai signifikansi 0,000 ( $p < 0,05$ ), yang membuktikan adanya peningkatan kemampuan analisis secara signifikan. Rata-rata indeks *N-Gain* akumulatif sebesar 0,38 (*kategori sedang*), dengan capaian sub-indikator *differentiating* sebesar 0,56, *organizing* sebesar 0,33, dan *attributing* sebesar 0,12. Simpulan utama menegaskan bahwa media VR terintegrasi PBL terbukti layak dan efektif sebagai instrumen pembelajaran inovatif untuk meningkatkan kemampuan analisis peserta didik SMK.

**Kata Kunci:** *Analisis, Problem-Based Learning, Virtual Reality.*

**ABSTRACT**

The absence of concrete visualization regarding data distribution flows in computer network topology concepts frequently causes spatial misconceptions that hinder vocational high school students' analytical skills. This Research and Development study applying the ADDIE model aimed to design a Virtual Reality (VR) media product named VRNet Topology integrated with Problem-Based Learning (PBL) and test its effectiveness. The research subjects comprised 38 tenth-grade Computer and Network Engineering students at a vocational high school in Bandung using a Pre-Experimental One-Group Pretest-Posttest design. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test, Wilcoxon Signed-Rank test, and Normalized Gain (N-Gain) index. Expert validation confirmed the product's feasibility with a score of 71 percent (feasible). The Wilcoxon test yielded a significance value of 0.000 ( $p < 0.05$ ), proving a significant improvement in analytical skills. The average overall N-Gain index was 0.38 (moderate category), with sub-indicator achievements of 0.56 for differentiating, 0.33 for organizing, and 0.12 for attributing. The main conclusion confirms that PBL-based VR media is feasible and effective as an innovative learning instrument to enhance vocational students' analytical skills.

**Keywords:** *Analysis, Problem-Based Learning, Virtual Reality.*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan tenaga kerja kompeten di bidang teknologi jaringan terus meningkat seiring transformasi digital di berbagai sektor industri (Jaelani & Prabowo, 2025). Jaringan komputer memegang peran krusial dalam mendukung efisiensi komunikasi lintas sektor (Aulia et al., 2023). Dunia kerja saat ini tidak hanya membutuhkan operator perangkat dasar, melainkan tenaga kerja yang mampu menganalisis kebutuhan, merancang solusi, dan menyelesaikan pemecahan masalah teknis jaringan secara mandiri (Ardana et al., 2025). Kondisi ini menuntut Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk mengembangkan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) peserta didik, terutama kemampuan menganalisis (C4) yang menjadi fondasi utama dalam menghadapi permasalahan nyata di lapangan kerja (Maulidya et al., 2021). Salah satu model pembelajaran yang efektif untuk mendorong kemampuan ini adalah *Problem-Based Learning* (PBL), di mana peserta didik ditempatkan sebagai pemecah masalah aktif yang dilatih menganalisis kasus dunia nyata (Jumini, 2022). Namun, penerapan PBL pada mata pelajaran jaringan komputer SMK jurusan Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ) sering terkendala oleh karakteristik materi yang abstrak, salah satunya adalah materi topologi jaringan (Arisandi et al., 2022). Alur koneksi antarkomponen dan jalur perjalanan data merupakan konsep yang sulit dibayangkan peserta didik jika hanya disampaikan melalui penjelasan verbal atau gambar statis dua dimensi.

Rendahnya kemampuan analisis dan keterbatasan visualisasi pada materi ini terkonfirmasi melalui studi pendahuluan menggunakan kuesioner terhadap 33 peserta didik kelas XI TKJ di salah satu SMK di Bandung. Ketika dihadapkan pada studi kasus nyata seperti jaringan gedung kantor, 81,8% peserta didik mengonfirmasi sering merasa bingung menentukan topologi yang hemat biaya namun tetap efisien. Selain itu, 54,6% peserta didik mengalami kesulitan dalam membayangkan bagaimana data berpindah secara spasial dari satu komputer ke komputer lain pada topologi yang berbeda. Keterbatasan ini dipicu oleh media pembelajaran yang digunakan, yaitu 75,8% peserta didik menyatakan bahwa memahami kelebihan dan kekurangan tiap topologi hanya lewat gambar statis dua dimensi di buku atau *slide* terasa membosankan dan sulit diingat.

Kondisi pembelajaran materi topologi saat ini juga masih menghadapi tantangan pada kedalaman visualisasi dan metode praktikum yang diterapkan. Meskipun fasilitas laboratorium komputer di sekolah secara umum sudah memadai, proses pembelajaran belum difokuskan pada aktivitas eksplorasi praktis yang interaktif. Pembelajaran masih didominasi oleh pengenalan teori yang bersifat hafalan serta penugasan analisis jaringan bangunan sekolah yang visualisasinya terbatas pada diagram dua dimensi statis menggunakan *Draw.io* atau simulasi *Cisco Packet Tracer* (CPT). Pendekatan konvensional ini membuat materi topologi terasa abstrak, sehingga peserta didik cenderung menilai simulasi komputer tersebut sebatas pengerjaan tugas administratif tanpa merasakan gambaran pengalaman kerja yang nyata di lapangan.

Ketiadaan visualisasi konkret mengenai alur distribusi data yang bergerak di dalam kabel semakin memperkuat miskonsepsi spasial peserta didik ketika mereka dihadapkan pada berbagai topologi jaringan (Arisandi et al., 2022). Kondisi tersebut memicu urgensi tersedianya media inovatif yang mampu menampilkan animasi aliran paket data secara langsung dan interaktif, guna menjembatani pemahaman teoretis dengan arsitektur fisik jaringan yang sesungguhnya. Sebagai solusi inovatif, teknologi *Virtual Reality* (VR), khususnya *Immersive VR System* berpotensi besar mengatasi keterbatasan spasial dan visual tersebut (Araiza-Alba et al., 2021; Makransky & Petersen, 2021). Sebanyak 97,0% peserta didik menyatakan akan lebih mudah memahami konsep jika mereka dapat berinteraksi langsung dengan perangkat jaringan

secara tiga dimensi (mengambil, memasang, dan melihat detail). Integrasi VR dengan model PBL juga mendapatkan dukungan kuat dari preferensi belajar peserta didik, di mana 87,9% responden menyatakan merasa tertantang jika diberikan "misi" atau "masalah" nyata yang harus diselesaikan di dalam dunia virtual. Ditambah lagi, 81,8% peserta didik meyakini penggunaan kacamata VR mampu membuat mereka jauh lebih fokus belajar dibandingkan hanya dengan gambar statis dua dimensi.

Beberapa penelitian terdahulu telah menguji penggunaan media VR dan model PBL dalam konteks pendidikan, namun masih menyisakan celah penelitian (*research gap*). Taufik et al. (2024) mengembangkan laboratorium virtual berbasis VR untuk pengenalan perangkat jaringan di SMK, namun terbatas pada aspek pengenalan tanpa mengintegrasikan model PBL yang menuntut kemampuan analisis. Sinana et al. (2022) merancang media VR terintegrasi PBL, namun fokus pada materi matematika bangun ruang SMK dan baru terbatas pada tahap desain tanpa implementasi produk maupun pengujian kognitif peserta didik. Wahjusaputri et al. (2023) menerapkan kombinasi PBL dan VR untuk meningkatkan kemampuan analisis, tetapi dilakukan pada jenjang SMA materi Biologi dan menggunakan aplikasi pihak ketiga tanpa melakukan perancangan media secara mandiri. Berdasarkan pemetaan tersebut, terdapat kesenjangan yang jelas karena belum ada penelitian yang melakukan rancang bangun media VR mandiri menggunakan model ADDIE terintegrasi PBL pada materi topologi jaringan SMK untuk meningkatkan kemampuan analisis peserta didik.

Penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengintegrasikan media VR dan model PBL. Melalui integrasi ini, peserta didik dihadapkan pada skenario skema jaringan nyata dalam lingkungan tiga dimensi untuk dianalisis dan dirancang implementasinya secara langsung. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah mendeskripsikan proses desain dan membangun media *Virtual Reality* bernama VRNet Topology menggunakan model *Problem-Based Learning* pada pembelajaran topologi jaringan, serta menganalisis peningkatan kemampuan analisis peserta didik setelah diterapkannya media tersebut.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D) dengan menerapkan model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate*) (Branch, 2009). Pendekatan eksperimen yang digunakan untuk menguji efektivitas produk adalah pendekatan kuantitatif dengan desain *Pre-Eksperimental* melalui model *One-Group Pretest-Posttest Design*. Dalam desain ini, perlakuan dilaksanakan pada satu kelompok subjek tanpa melibatkan kelompok kontrol. Kelompok peserta didik tersebut menjalani sesi *pretest* sebelum diberikan perlakuan ( $O_1$ ) dan sesi *posttest* setelah perlakuan ( $O_2$ ) untuk menilai perubahan kemampuan analisis mereka setelah memanfaatkan media VR berbasis PBL ( $X$ ).

Subjek penelitian ini adalah peserta didik kelas X program keahlian Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ) di salah satu SMK di Bandung yang sedang menempuh mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi (DDTJKT). Jumlah keseluruhan subjek yang terlibat aktif dalam pelaksanaan eksperimen sebanyak 38 peserta didik. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan kriteria utama yaitu peserta didik aktif yang pernah mendapatkan materi dasar topologi jaringan komputer dari guru pengampu sebelumnya.

Prosedur pelaksanaan penelitian mengacu pada lima tahap pengerjaan dalam model ADDIE. Tahap *Analyze* meliputi kegiatan wawancara bersama guru dan penyebaran angket peserta didik untuk memetakan kesulitan yang dialami dan kebutuhan media. Tahap *Design*

meliputi perumusan tujuan instruksional materi topologi, visualisasi skenario penggunaan media VR berbasis PBL, dan pembuatan kisi-kisi soal evaluasi. Tahap *Develop* merupakan proses produksi lingkungan virtual tiga dimensi menggunakan Unity dan Blender, dilanjutkan dengan validasi kelayakan produk oleh dosen ahli serta pengembangan instrumen tes. Tahap *Implement* berupa pelaksanaan eksperimen di kelas menggunakan kacamata VR. Tahap *Evaluate* fokus pada aktivitas pengolahan data statistik kuantitatif terhadap nilai tes peserta didik untuk menarik kesimpulan.

Instrumen pengumpulan data dalam penelitian ini dikembangkan untuk menilai kelayakan kualitas media sekaligus menguji perkembangan kemampuan analisis peserta didik. Lembar penilaian validator ahli mengadopsi standar *A Comprehensive Rubric for Evaluating EduVR* (mengukur domain *Positioning*, *Virtual Environment*, dan *Virtual Experience*) dari Fegely & Cherner (2021) serta instrumen kesesuaian media dengan sintaks PBL dari Arends (Astuti et al., 2020). Sementara untuk instrumen kemampuan analisis peserta didik, peneliti awalnya merancang dan menyusun 60 butir soal pilihan ganda. Setelah diujicobakan kepada responden di luar sampel untuk dianalisis kualitas psikometriknya (validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda), butir soal yang memenuhi kriteria baik dipilih dan dibagi secara proporsional masing-masing sebanyak 20 butir soal untuk digunakan pada sesi *pretest* dan *posttest*.

Teknik analisis data mencakup pengolahan skor kelayakan produk dari validator menggunakan persentase *rating scale*. Untuk data nilai *pretest* dan *posttest* dari 38 peserta didik, analisis diawali dengan uji prasyarat normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk*. Mengingat hasil uji prasyarat menunjukkan sebaran data nilai tidak berdistribusi normal, maka pengujian signifikansi perbedaan kemampuan analisis peserta didik sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan uji statistik non-parametrik berpasangan, yaitu uji *Wilcoxon Signed-Rank Test* pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Terakhir, besarnya peningkatan kemampuan analisis dihitung menggunakan rumus *Normalized Gain* (N-Gain) yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kriteria Rendah ( $N\text{-Gain} < 0,30$ ), Sedang ( $0,30 \leq N\text{-Gain} \leq 0,70$ ), atau Tinggi ( $N\text{-Gain} > 0,70$ ) (Hake, 1999).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk berupa media VR berbasis model *Problem Based Learning* pada materi topologi jaringan untuk peserta didik SMK. Pengembangan media VR dilakukan dengan model ADDIE yang terdiri atas tahap *analyze*, *design*, *development*, *implement*, dan *evaluate*. Media yang dikembangkan memuat materi topologi jaringan yang terdiri atas topologi point to point, bus, ring, star, mesh, tree, dan hybrid.

### Hasil

#### Tahap Analyze

Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kendala nyata dalam pembelajaran topologi jaringan di salah satu SMK di Bandung. Berdasarkan wawancara dengan guru pengampu, fasilitas laboratorium komputer sekolah memadai, namun pembelajaran topologi belum difokuskan pada praktikum simulasi komputer yang interaktif dan eksploratif. Guru biasanya memberikan penugasan proyek analisis keterhubungan jaringan antar-gedung sekolah yang hasilnya dituangkan dalam laporan deskriptif, menggunakan piranti lembar kerja *Draw.io* untuk menggambar skema arsitektur atau *Cisco Packet Tracer* (CPT) untuk mengamati perjalanan paket data (*traffic message*). Karena aktivitas didominasi oleh teori dasar dan gambar dua dimensi statis, pembelajaran kurang memberikan pengalaman ruang secara mendalam bagi peserta didik vokasi. Dampaknya, muncul miskonsepsi pada diri peserta didik

yang sering mengalami kebingungan mendasar dalam mengklasifikasikan jenis topologi, seperti tertukar konsep antar topologi ketika bentuk fisik diagramnya sedikit dimodifikasi.

Keterbatasan visualisasi dan kemampuan analitis tersebut diperkuat secara kuantitatif melalui kuesioner studi pendahuluan terhadap peserta didik kelas XI TKJ di sekolah tersebut. Mengenai hambatan kognitif, mayoritas peserta didik mengonfirmasi sering merasa bingung menentukan pilihan topologi yang sesuai saat dihadapkan pada studi kasus dunia nyata, serta kesulitan dalam membayangkan bagaimana data berpindah secara spasial antar-komputer pada topologi yang berbeda. Media yang biasa digunakan juga dinilai kurang optimal karena sebagian besar peserta didik merasa jenuh belajar hanya lewat gambar dua dimensi di buku teks, slide, dan simulator CPT dirasa mirip seperti bermain simulasi biasa tanpa memberikan gambaran kerja secara nyata. Kendala ini berbanding terbalik dengan tingginya preferensi belajar peserta didik yang membutuhkan animasi aliran paket data di dalam kabel, interaksi perangkat secara tiga dimensi, serta tantangan pemecahan masalah berbasis studi kasus di dunia virtual.

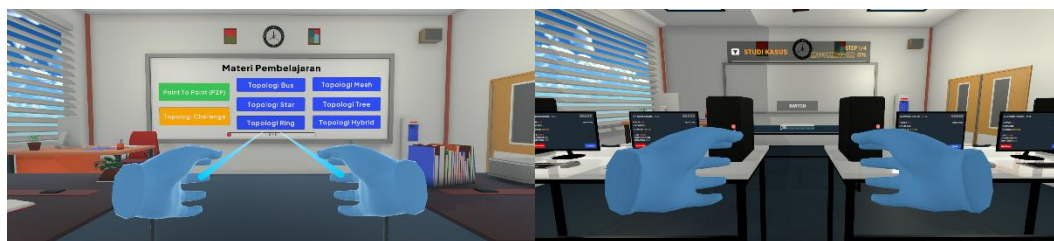
### **Tahap Design**

Tahap desain berfokus pada perancangan instrumen pembelajaran, evaluasi, dan arsitektur konseptual media *Virtual Reality* (VR). Perancangan pembelajaran dilakukan dengan merumuskan tujuan instruksional materi topologi jaringan yang diselaraskan secara spesifik dengan tiga indikator kemampuan analisis (C4), yaitu *differentiating*, *organizing*, dan *attributing* menurut Anderson & Krathwohl (dalam Nurussaniah et al., 2025). Skenario pembelajaran diintegrasikan dengan sintaks model *Problem-Based Learning* (PBL) agar peserta didik dapat belajar melalui penyelesaian masalah jaringan secara kontekstual. Pada perancangan instrumen evaluasi, dilakukan penyusunan cetak biru kisi-kisi soal evaluasi kemampuan analisis serta rubrik penilaiannya untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

Selanjutnya, dirancang skenario penggunaan media VR untuk menggambarkan alur operasional media selama kegiatan pembelajaran berlangsung yang diselaraskan dengan sintaks PBL. Skenario penggunaan ini dimulai saat peserta didik mengenakan perangkat kacamata VR dan berada di menu utama untuk memahami petunjuk navigasi kontroler, lalu masuk ke lingkungan laboratorium virtual tiga dimensi. Di dalam dunia virtual tersebut, peserta didik dihadapkan pada orientasi masalah berupa kasus kebutuhan jaringan pada suatu kantor. Peserta didik kemudian melakukan investigasi mandiri dengan memilih, mengambil, dan merangkai berbagai perangkat jaringan seperti *switch* dan kabel secara spasial tiga dimensi untuk membentuk struktur topologi yang efisien sesuai dengan tantangan yang diberikan. Skenario ini diakhiri dengan simulasi pengujian pengiriman data secara *real-time*, di mana peserta didik menganalisis keberhasilan aliran paket data melalui animasi sinyal di dalam kabel virtual dan melakukan tindakan *troubleshooting* jika ditemukan *error* koneksi sebelum menyelesaikan misi pembelajaran.

### **Tahap Develop**

Tahap pengembangan merupakan fase realisasi seluruh rancangan konseptual menjadi produk media pembelajaran VR bernama VRNet Topology dan instrumen penelitian yang siap diimplementasikan. Proses produksi lingkungan laboratorium tiga dimensi dan pemodelan perangkat jaringan fisik dilakukan menggunakan perangkat lunak Blender, sedangkan perakitan sistem dan pemrograman alur simulasi dieksekusi melalui *game engine* Unity. Seluruh mekanisme sintaks PBL dan visualisasi animasi aliran paket data diintegrasikan ke dalam sistem aplikasi VR guna menstimulasi indikator kemampuan analisis peserta didik. Hasil akhir dari pengembangan produk media VR ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Tampilan Media VRNet Topology pada Materi Topologi Jaringan**

Setelah media selesai diproduksi kemudian divalidasi oleh dosen ahli menggunakan instrumen kualitas EduVR (Domain D: *Positioning*, F: *Virtual Environment*, G: *Virtual Experience*) serta instrumen kesesuaian media dengan sintaks PBL (Sintaks 1 dan 3). Hasil penilaian kelayakan oleh validator ahli disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Media dan Materi**

| Aspek Penilaian                       | Jumlah Indikator | Rata-rata Skor | Persentase | Kategori |
|---------------------------------------|------------------|----------------|------------|----------|
| Kualitas EduVR (Domain D, F, G)       | 12               | 3,50           | 70%        | Layak    |
| Kesesuaian Sintaks PBL (Fase 1 dan 3) | 5                | 3,60           | 72%        | Layak    |
| Rata-rata Keseluruhan                 | 17               | 3,55           | 71%        | Layak    |

Berdasarkan Tabel 1, akumulasi penilaian kelayakan dari keseluruhan indikator menempatkan produk media ini pada klasifikasi yang dapat diterima untuk uji coba lapangan. Meskipun hasil akhir menyatakan media tersebut layak digunakan, validator memberikan sejumlah kritik dan saran perbaikan terkait penguatan logika sistem untuk mencegah miskonsepsi topologi dan penajaman skenario orientasi masalah. Peneliti tetap melakukan langkah perbaikan berdasarkan catatan rekomendasi tersebut guna menyempurnakan media sebelum diterapkan di kelas eksperimen. Selain pengembangan media, tahap ini juga mencakup pengembangan instrumen soal. Peneliti merancang cetak biru dan menyusun instrumen evaluasi sebanyak 60 butir soal pilihan ganda yang diujicobakan kepada responden di luar sampel untuk dianalisis kualitas psikometriknya (validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda). Butir-butir soal yang memenuhi kriteria baik dipilih, kemudian dibagi secara proporsional masing-masing sebanyak 20 butir soal untuk digunakan pada sesi *pretest* dan *posttest*.

### Tahap Implement

Tahap implementasi merupakan langkah uji coba operasional media VR berbasis PBL yang telah dikembangkan di dalam situasi pembelajaran riil. Uji coba ini diterapkan kepada subjek penelitian yang terdiri atas 38 peserta didik kelas X program keahlian TKJ. Pelaksanaan implementasi diawali dengan pendistribusian dan pengerjaan sesi *pretest* menggunakan instrumen 20 butir soal pilihan ganda untuk mengukur kemampuan awal analisis (*prior knowledge*) peserta didik sebelum diberikan perlakuan. Setelah itu, peserta didik diberikan intervensi pembelajaran materi topologi jaringan menggunakan perangkat keras *Immersive VR System* yang disediakan oleh peneliti.

Mengingat keterbatasan kuantitas perangkat *headset* VR, aktivitas pembelajaran dikelola dengan mengorganisasikan 38 peserta didik ke dalam beberapa kelompok kecil secara kolaboratif. Setiap peserta didik di dalam kelompok mendapatkan giliran secara bergantian untuk mengenakan kacamata VR guna masuk ke lingkungan laboratorium virtual tiga dimensi, berinteraksi dengan alat bantu virtual, dan menyelesaikan misi analisis kebutuhan jaringan sesuai orientasi kasus yang diberikan. Sementara salah satu peserta didik melakukan investigasi

di dalam dunia virtual, anggota kelompok lainnya aktif berdiskusi menyelesaikan lembar kerja kelompok terkait karakteristik topologi. Seluruh rangkaian pembelajaran imersif ini ditutup dengan pengerjaan sesi *posttest* menggunakan 20 butir soal pilihan ganda yang setara untuk mengumpulkan data akhir performa kognitif peserta didik.

### Tahap Evaluate

Tahap evaluasi fokus pada analisis data kuantitatif hasil eksperimen untuk mengukur efektivitas media VR berbasis PBL dalam meningkatkan kemampuan analisis peserta didik. Analisis diawali dengan pengujian prasyarat normalitas sebaran data menggunakan metode *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel kurang dari 50 responden. Hasil perhitungan pengujian prasyarat normalitas sebaran data tersebut disajikan secara lengkap pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Uji Normalitas *Shapiro-Wilk***

| Data     | Jumlah Sampel (n) | Koefisien W Hitung | Koefisien W Tabel | Keterangan   |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------|
| Pretest  | 38                | 0,949              | 0,938             | Normal       |
| Posttest | 38                | 0,860              | 0,938             | Tidak Normal |

Berdasarkan Tabel 2, data hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pada sesi sebelum perlakuan memiliki sebaran data yang berdistribusi normal karena nilai hitungnya lebih besar daripada nilai tabelnya. Sebaliknya, sebaran data pada sesi setelah perlakuan dikonfirmasi berdistribusi tidak normal karena nilai hitungnya berada di bawah nilai tabel penentu. Kondisi ini berimplikasi pada ketidaklayakan penggunaan statistik parametrik, sehingga pengujian signifikansi perbedaan nilai sebelum dan sesudah perlakuan dilanjutkan menggunakan uji alternatif non-parametrik berpasangan, yaitu uji *Wilcoxon Signed-Rank Test*. Hasil pengujian hipotesis *Wilcoxon* dipaparkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Uji *Wilcoxon Signed-Rank Test***

| Aspek Pengujian        | Nilai                           |
|------------------------|---------------------------------|
| Asymp. Sig. (2-tailed) | 0,000                           |
| Keputusan              | H <sub>0</sub> ditolak          |
| Kesimpulan             | Terdapat peningkatan signifikan |

Berdasarkan Tabel 3, nilai signifikansi yang diperoleh berada di bawah taraf  $\alpha$  yang ditetapkan, sehingga H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima. Hasil ini membuktikan terdapat perbedaan kemampuan analisis yang signifikan antara sebelum dan sesudah perlakuan. Langkah evaluasi dilanjutkan dengan menghitung indeks *Normalized Gain* (N-Gain) akumulatif kelas untuk melihat derajat efektivitas perlakuan yang disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Uji N-Gain**

| n  | Rata-rata Pretest | Rata-rata Posttest | Rata-rata Indeks N-Gain Akumulatif | Kriteria Interpretasi Efektivitas |
|----|-------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 38 | 70,13             | 83,29              | 0,38                               | Sedang                            |

Berdasarkan Tabel 4, terlihat adanya kenaikan nilai rata-rata klasikal dari sesi tes awal menuju sesi tes akhir. Perhitungan gain ternormalisasi menghasilkan rata-rata indeks N-Gain akumulatif yang berada pada rentang interval sedang. Penemuan indeks ini membuktikan secara empiris bahwa media VR terintegrasi PBL memenuhi kriteria efektivitas untuk meningkatkan kemampuan analisis peserta didik kelas X TKJ. Guna memetakan pencapaian kompetensi secara lebih mendalam, peneliti melakukan analisis indeks N-Gain yang dipecah ke dalam tiga sub-dimensi kemampuan analisis ranah kognitif C4 Taksonomi Bloom sebagaimana dipaparkan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Peningkatan N-Gain per Indikator**

| Indikator Kemampuan Analisis | N-Gain | Kategori |
|------------------------------|--------|----------|
| Differentiating              | 0,56   | Sedang   |
| Organizing                   | 0,33   | Sedang   |
| Attributing                  | 0,12   | Rendah   |

Berdasarkan Tabel 5, distribusi perolehan indeks peningkatan mencatatkan variasi pencapaian antar-indikator. Indikator kemampuan membedakan informasi mencatatkan angka gain tertinggi dengan klasifikasi peningkatan menengah. Selanjutnya, kriteria peningkatan menengah juga ditemui pada indikator sub-ranah mengorganisasikan konsep. Sementara itu, indikator sub-ranah mengatribusikan sebab-akibat mencatatkan perolehan indeks terendah yang diklasifikasikan ke dalam kategori rendah.

### Pembahasan

Penerapan media *Virtual Reality* terintegrasi *Problem-Based Learning* terbukti memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan analisis peserta didik SMK. Hasil ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan kognitif terbangun secara mendalam saat peserta didik berinteraksi aktif dengan lingkungan belajar responsif (Masgumelar & Mustafa, 2021). Integrasi VR dan PBL berhasil menggeser pola belajar hafalan pasif menjadi eksplorasi kritis dalam menguraikan permasalahan jaringan. Peningkatan ini memperkuat bukti empiris terdahulu mengenai efektivitas laboratorium virtual berbasis VR dalam meningkatkan performa belajar kejuruan secara signifikan (Taufik et al., 2024; Wahjusaputri et al., 2023). Selain itu, pemanfaatan teknologi serupa dalam bentuk *Augmented Reality* juga memfasilitasi fleksibilitas instruksional yang memungkinkan guru untuk menyesuaikan materi dengan gaya belajar spesifik siswa (Hermawan & Hadi, 2024).

Pencapaian N-Gain tertinggi ditemukan pada indikator *differentiating* (0,56). Keunggulan visual simulasi tiga dimensi dan animasi aliran paket data secara *real-time* memudahkan peserta didik membedakan karakteristik fisik serta logika operasional tiap topologi secara konkret. Pengalaman perseptual imersif ini secara efektif mengatasi miskonsepsi spasial peserta didik yang sebelumnya timbul akibat keterbatasan gambar statis dua dimensi (Ilhami et al., 2023). Peserta didik dapat memisahkan informasi esensial dan mengidentifikasi perbedaan arsitektur jaringan secara mandiri. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa penggunaan teknologi realitas ditambah mampu meningkatkan pemahaman konsep ilmiah yang abstrak melalui keterlibatan belajar yang lebih aktif (Kholish, 2025).

Indikator *organizing* juga mengalami peningkatan optimal kategori sedang (0,33). Capaian ini merupakan dampak langsung dari sintaks PBL yang menugaskan peserta didik merangkai perangkat jaringan virtual (seperti *switch*, *server*, dan kabel LAN) sesuai studi kasus kantor. Aktivitas manipulasi perangkat secara spasial melatih logika berpikir peserta didik dalam menyusun hubungan sistematis antarkomponen arsitektur jaringan (Hartati et al., 2022). Peserta didik mampu mengorganisasikan struktur jaringan secara efisien berdasarkan kebutuhan operasional yang diberikan. Keterampilan pengorganisasian tersebut tidak hanya mencakup tata letak fisik, tetapi juga pengembangan kompetensi *troubleshooting* secara sistematis melalui integrasi alur kerja logis di dalam ekosistem virtual (Wijayanti et al., 2026).

Sebaliknya, indikator *attributing* mencatatkan peningkatan terendah pada kategori rendah (0,12). Kemampuan mengatribusikan menuntut penalaran kausal yang kompleks, seperti mengevaluasi *trade-off* antara performa alur data dan kalkulasi biaya ekonomis (*cost-efficiency*). Keterbatasan lingkungan VR yang bersifat *action-oriented* belum sepenuhnya mampu memfasilitasi proses refleksi metakognitif abstrak tersebut secara mandiri. Hal ini menegaskan bahwa interaksi imersif digital tetap membutuhkan kombinasi *scaffolding*, diskusi

kritis, dan umpan balik langsung yang dipandu oleh guru di luar ekosistem kacamata VR (Kasuga et al., 2022). Dengan demikian, sinergi antara keterlibatan aktif dalam simulasi virtual dan pendampingan pedagogis yang terstruktur menjadi prasyarat krusial untuk mengoptimalkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Avcı et al., 2024; Susanti et al., 2022).

Secara teoritis, pola peningkatan ini selaras dengan kerangka *Cognitive Affective Model of Immersive Learning* (CAMIL) yang dikembangkan oleh Makransky dan Petersen (2021). Komponen *immersion* dan *agency* pada VRNet Topology berhasil mengoptimalkan pemrosesan perseptual untuk indikator *differentiating* dan *organizing*. Namun, tingginya sensasi kehadiran (*presence*) berpotensi menyerap sebagian daya ingat kerja (*working memory*) peserta didik untuk memproses stimulus sensorik yang imersif. Akibatnya, kapasitas memori tersisa untuk proses penalaran reflektif pada indikator *attributing* menjadi terbatas, sehingga memerlukan intervensi bimbingan guru secara berkesinambungan.

## KESIMPULAN

Pengembangan media *Virtual Reality* terintegrasi *Problem-Based Learning* bernama VRNet Topology terbukti layak dan efektif dalam meningkatkan kemampuan analisis siswa SMK pada materi topologi jaringan komputer. Integrasi simulasi tiga dimensi yang imersif dan skenario pemecahan masalah terbukti mampu mentransformasi pembelajaran dari konsep abstrak dua dimensi menjadi pengalaman belajar spasial yang konkret. Pemanfaatan media ini terbukti ampuh mengatasi miskonsepsi spasial, memfokuskan perhatian, serta memfasilitasi siswa dalam membedakan karakteristik arsitektur jaringan dan mengorganisasikan perangkat secara sistematis. Keberhasilan intervensi teknologi ini ditunjukkan oleh adanya peningkatan skor kemampuan analisis siswa secara signifikan setelah memanfaatkan media interaktif. Dengan demikian, media *Virtual Reality* terpadu ini teruji efektif sebagai sarana instruksional inovatif yang memperkuat pemahaman konsep jaringan sekaligus melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kejuruan.

Implikasi riset ini menegaskan bahwa penggunaan teknologi realitas maya berbasis pemecahan masalah merupakan strategi instruksional yang krusial untuk mendukung efektivitas pembelajaran praktik kejuruan. Oleh karena itu, para guru SMK disarankan untuk memanfaatkan media *Virtual Reality* secara terencana guna memfasilitasi eksplorasi konsep-konsep jaringan yang kompleks. Namun, mengingat kelemahan media pada sub-dimensi *attributing*, proses penalaran kausalitas tetap membutuhkan pendampingan pedagogis atau *scaffolding* langsung dari guru di luar ekosistem virtual. Untuk penelitian di masa depan, para peneliti direkomendasikan untuk menerapkan desain *quasi-experimental* dengan melibatkan kelompok kontrol pembandingan serta ukuran sampel yang lebih luas di berbagai SMK. Riset selanjutnya juga dapat mengeksplorasi penambahan fitur asisten virtual otomatis dan perluasan topik jaringan komputer yang lebih kompleks guna mengukur tingkat retensi pemahaman siswa secara komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Araiza-Alba, P., Keane, T., Chen, W. S., & Kaufman, J. (2021). Immersive virtual reality as a tool to learn problem-solving skills. *Computers and Education*, 164, Pasal 104121. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104121>
- Ardana, I. M. S., Suhada, J., Yuniarti, D. T., & Rizky, M. (2025). Analisis peran teknologi informasi dan kecerdasan buatan dalam mempersiapkan peserta didik SMK PKP 1 Jakarta menghadapi dunia kerja. *JUTECH: Journal Education and Technology*, 6(2), 399–411. <https://doi.org/10.31932/jutech.v6i2.5045>

- Arisandi, D., Setiawan, D., Karpen, K., & Musyafak, M. (2022). Perancangan media pembelajaran topologi jaringan dengan augmented reality di program studi teknik informatika. *EDUKATIF: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(1), 1487–1497. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i1.2231>
- Astuti, R., Mardiyana, M., & Triyanto, T. (2020). Analysis of the problem based learning syntax in vocational mathematics books on matrix material. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 7(1), 704–710. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v7i1.1382>
- Aulia, B. W., Rizki, M., Prindiyana, P., & Surgana, S. (2023). Peran krusial jaringan komputer dan basis data dalam era digital. *JUSTINFO: Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 1(1), 9–20. <https://doi.org/10.33197/justinfo.vol1.iss1.2023.1253>
- Avcı, Ş. K., Akgün, Ö. E., & Kıyıcı, F. B. (2024). Comparison of the effects of PBL in 3D virtual environment and F2F on learning and spatial skills. *Education and Information Technologies*, 29(17), 23121–23154. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12686-z>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Fegely, A., & Cherner, T. (2021). A comprehensive rubric for evaluating EduVR. *Journal of Information Technology Education: Research*, 20, 137–171. <https://doi.org/10.28945/4737>
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. American Education Research Association Division D, Measurement and Research Methodology.
- Hartati, H., Azmin, N., Nasir, M., & Andang, A. (2022). Keterampilan proses sains peserta didik melalui model pembelajaran problem based learning (pbl) pada materi biologi. *JlIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(12), 5795–5799. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i12.1190>
- Hermawan, A., & Hadi, S. (2024). Realitas pengaruh penggunaan teknologi augmented reality dalam pembelajaran terhadap pemahaman konsep siswa. *Jurnal Simki Pedagogia*, 7(1), 328–340. <https://doi.org/10.29407/jsp.v7i1.694>
- Ilhami, A., Wahyuni, S., & Putra, N. D. P. (2023). Meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik melalui model pembelajaran problem based learning: Sistematis literatur review. *Edu-Sains: Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 12(2), 8–15. <https://doi.org/10.22437/jmpmipa.v11i2.25501>
- Jaelani, M., & Prabowo, N. B. (2025). Tenaga kerja Indonesia di era digital: Analisis pengaruh perubahan teknologi terhadap ketenagakerjaan. *MAROSTEK: Jurnal Teknik, Komputer, Agroteknologi dan Sains*, 4(1), 34–38. <https://doi.org/10.56248/marostek.v4i1.114>
- Jumini, J. (2022). Model pembelajaran problem based learning mampu meningkatkan kemampuan analisis peserta didik. *Journal of Informatics and Vocational Education (JOIVE)*, 5(3), 108–112. <https://doi.org/10.20961/joive.v5i3.70739>
- Kasuga, W., Maro, W., & Pangani, I. (2022). Effect of problem-based learning on developing science process skills and learning achievement on the topic of safety in our environment. *Journal of Turkish Science Education*, 19(3), 872–886. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.154>

- Kholish, A. (2025). Pengaruh penerapan Augmented Reality (AR) terhadap pemahaman konseptual siswa dalam Kurikulum Merdeka. *JKP: Jurnal Khasanah Pendidikan*, 4(1), 8–14. <https://doi.org/10.58738/jkp.v4i1.1004>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Masgumelar, N. K., & Mustafa, P. S. (2021). Teori belajar konstruktivisme dan implikasinya dalam pendidikan dan pembelajaran. *GHAITSA: Islamic Education Journal*, 2(1), 49–57. <https://doi.org/10.62159/ghaitsa.v2i1.188>
- Maulidya, H. Z., Aprilia, N., & Hanafi, Y. (2021). Studi literatur peningkatan kemampuan analisis peserta didik melalui model PBL pada pembelajaran IPA biologi. *Journal of Biology Learning*, 3(2), 55–63. <https://doi.org/10.32585/jbl.v3i2.1526>
- Nurussaniah, N., Setyosari, P., Kuswandi, D., & Ulfa, S. (2025). Psychometric validation of an analytical skills test in physics using the Rasch model. *Journal of Baltic Science Education*, 24(3), 522–537. <https://doi.org/10.33225/jbse/25.24.522>
- Sinana, A. R., Tolle, H., & Bachtiar, F. A. (2022). Desain media pembelajaran dengan model problem-based learning dan gamifikasi untuk materi bangun ruang tingkat SMK berbasis virtual reality. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 9(2), 381–390. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202295627>
- Susanti, S., Ernawati, T., & Erlangga, S. Y. (2022). The effect of online practicum learning on concept understanding of UST Yogyakarta science student. *Al Hikmah Journal of Education*, 3(1), 79–92. <https://doi.org/10.54168/ahje.v3i1.99>
- Taufik, A., Saputra, A., & Saputra, A. M. A. (2024). Pengembangan laboratorium virtual berbasis virtual reality menggunakan headset VR pada materi pengenalan perangkat jaringan komputer. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 13(4), 4497–4504. <https://doi.org/10.30829/didaktika.v13i4.3210>
- Wahjusaputri, S., Bunyamin, B., & Nastiti, T. I. (2023). Problem-based learning using virtual reality media at Islamic senior high school in Bekasi. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 15(4), 4910–4918. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v15i4.4336>
- Wijayanti, I. K. E., Rusimamto, P. W., & Anifah, L. (2026). Pengaruh Virtual Lab terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada mata pelajaran Keamanan Jaringan. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 9(3), 3527–3532. <https://doi.org/10.54371/jiip.v9i3.11036>