

PENTINGNYA PENGGUNAAN *VISUAL CUES* DALAM MERANCANG PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA UNTUK SISWA TULI: TINJAUAN LITERATUR

(*The Importance of Visual Cues In Designing Mathematics Learning Aids For Deaf Students: A Literature Review*)

Fiodesy Gemilang Putri

Independent Scholar

E-mail: gemilangfiodesy@gmail.com

ABSTRAK

Tinjauan literatur ini mengeksplorasi pentingnya *visual cues* dalam merancang perangkat pembelajaran matematika untuk siswa Tuli, yang didorong oleh *Sustainable Development Goals* milik *United Nations*. Meskipun ada mandat hukum untuk pendidikan inklusif, yaitu Undang-Undang No. 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas dan Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, banyak siswa Tuli di Indonesia masih menghadapi tantangan pendidikan yang signifikan akibat perangkat pembelajaran dan strategi pengajaran yang tidak memadai yang gagal memenuhi kebutuhan unik mereka. Tinjauan ini bertujuan untuk menyelidiki bagaimana berbagai struktur informasi visual dalam perangkat pembelajaran mempengaruhi performa belajar, terutama dengan menekankan integrasi prinsip-prinsip pemberian sinyal dalam materi dengan informasi ekstrinsik dan konsep abstrak seperti Matematika. Pencarian literatur dilakukan dari Februari hingga Mei 2024 menggunakan basis data Scopus, dengan fokus pada studi yang terkait dengan teori beban kognitif, *visual attention*, dan efektivitas *visual cues* dalam perangkat pembelajaran multimedia untuk siswa Tuli. Delapan studi utama dipilih, mencakup berbagai kombinasi rangsangan visual, seperti: implementasi animasi dan teks melalui *augmented reality* (AR); implementasi video bahasa isyarat, gambar, dan teks dengan pendekatan statis; implementasi animasi (gambar bergerak), gambar, dan teks dengan pendekatan dinamis; dan tinjauan literatur tentang implementasi *animated pedagogical agent* (APA), pemberian *cues* dengan panah atau *arrow*, dan pemberian *cues* dengan warna. Studi-studi ini dianalisis untuk mengidentifikasi dampak *visual cues* pada performa belajar siswa Tuli. Temuan menunjukkan bahwa mengintegrasikan *visual cues* secara signifikan meningkatkan keterlibatan, pemahaman, dan performa akademik siswa Tuli. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan kombinasi optimal *visual cues* dalam konteks statis dan dinamis untuk menghindari beban kognitif. Tinjauan ini mengadvokasi bahwa adopsi komunikasi visual yang jelas, elemen interaktif, dan prinsip desain yang berpusat pada pengguna sangat penting dalam mengembangkan alat pendidikan untuk siswa Tuli.

Kata kunci: Siswa Tuli, Petunjuk visual/*Visual cues*, Pembelajaran multimedia, Teori beban kognitif

ABSTRACT

This literature review explores the importance of visual cues in designing mathematics learning aids for Deaf students, motivated by the Sustainable Development Goals of United Nations. Despite legal mandates for inclusive education, Law on Disability Act No. 8 of 2016 and Law on the National Education System No. 20 of 2003, many Deaf students in Indonesia still face significant educational challenges due to inadequate learning aids and teaching strategies that fail to address their unique needs. The review aims to investigate how different visual information structures in learning aids affect learning performance, particularly emphasizing the integration of signaling principles in materials with extraneous information and abstract concepts like Mathematics. The literature search was conducted from February to May 2024 using the Scopus database, focusing on studies related to cognitive load theory, visual attention, and the effectiveness of visual cues in multimedia learning aids for Deaf students. Eight key studies were selected, encompassing various combination of visual stimuli, such as: the implementation of real-time animation and text through augmented reality (AR); the implementation of sign-language videos, picture, and text on static approach; the implementation of animation (moving picture), picture, and text on dynamic approach; and literature review on the implementation of animated pedagogical agent (APA), arrow signaling, and color signaling. These studies were analyzed to identify the impact of visual cues on the learning performance of Deaf students. The findings highlight that integrating visual cues significantly improves Deaf students' engagement, understanding, and academic performance. However, there is a need for further

research to determine the optimal combination of visual cues in both static and dynamic contexts to avoid cognitive overload. The review concludes by advocating for the adoption of clear visual communication, interactive elements, and user-centered design principles in developing educational tools for Deaf students.

Keywords: Deaf students, Visual cues, Multimedia learning, Cognitive load theory

PENDAHULUAN

Sustainable Development Goals (SDGs) Perserikatan Bangsa-Bangsa mengimbau semua negara untuk menciptakan dunia yang lebih baik, inklusif, dan berkelanjutan, memastikan tidak ada yang tertinggal. Indonesia mewujudkan semangat ini melalui Undang-Undang Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas, yang mengamanatkan setidaknya 2% tenaga kerja penyandang disabilitas di pemerintahan dan Badan Usaha Milik Negara (BUMN), serta 1% di perusahaan swasta. Namun, hingga saat ini, hanya sedikit individu Tuli yang direkrut, karena perusahaan lebih memilih untuk tidak mempekerjakan individu Tuli daripada menyediakan penerjemah, meskipun kandidat Tuli mungkin lebih berkualitas. Hal ini menunjukkan betapa sayangnya potensi individu Tuli tidak dioptimalkan hanya karena kesulitan komunikasi. Kasus ini juga terjadi di lingkungan pendidikan.

Komitmen untuk menyediakan pendidikan berkualitas untuk semua siswa tanpa diskriminasi ditegaskan dalam Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan. Upaya untuk mengimplementasikan undang-undang ini, terutama bagi siswa dengan disabilitas, terus dilakukan. Namun, jumlah terbatas siswa Tuli yang lulus dari universitas dan yang dapat mandiri dengan memiliki karir yang baik menunjukkan bahwa upaya tersebut belum efektif. Jika kebutuhan mereka diabaikan, potensi dan kompetensi penuh mereka mungkin tidak terealisasi.

Kebutuhan siswa Tuli dapat dipenuhi dengan meningkatkan dua aspek: menciptakan kelas yang mendukung dan menyediakan perangkat pembelajaran yang efektif. Mengenai penciptaan lingkungan yang mendukung, prinsip-prinsip ergonomis seperti Panduan DeafSpace (Bauman, 2010) menekankan jangkauan sensorik, ruang dan kedekatan, mobilitas, cahaya dan warna, serta pertimbangan akustik dan elektromagnetik di dalam kelas. Prinsip-prinsip ini menyoroti ketergantungan unik siswa Tuli dan gangguan pendengaran pada *visual cues* untuk komunikasi dan navigasi, sehingga diperlukan desain kelas yang mengakomodasi sifat ini.

Namun, penelitian dalam merancang perangkat pembelajaran yang efektif di Indonesia masih terbatas, dengan praktik saat ini yang terutama melibatkan gambar statis dalam buku atau alat bantu multimedia dinamis. Jika kelas terus menggunakan bahan ajar yang tidak efektif, hal itu dapat menghambat pemahaman siswa Tuli tentang mata pelajaran dan berdampak negatif pada performa akademis mereka.

Jumlah guru dan fasilitas yang terbatas di Indonesia, di mana satu guru mungkin mengajar kelas yang terdiri dari siswa Tuli dari berbagai tingkatan, seperti kelas 10, 11, dan 12, sudah berkontribusi pada kesenjangan dalam kualitas pendidikan. Kasus ini diperburuk oleh bahan ajar atau perangkat pembelajaran yang tidak memadai. Sebagai contoh, sementara siswa kelas 10 pada umumnya di Indonesia belajar aljabar kompleks untuk menyelesaikan masalah ekonomi, siswa kelas 10 Tuli mungkin masih belajar perkalian sederhana, yang biasanya diajarkan kepada siswa kelas 6 (Daliman dkk, 2016). Kita tidak bisa memastikan apakah siswa kelas 10 Tuli dapat memahami aljabar kompleks tanpa meningkatkan kualitas fasilitas, termasuk lingkungan dan bahan belajar.

Marshack (2008) telah mengidentifikasi bahwa salah satu alasan siswa Tuli dan gangguan pendengaran (DHH) belajar lebih sedikit dibandingkan dengan teman-teman mereka yang mendengar dalam kelas Matematika dan sains adalah karena kebutuhan untuk multitasking perhatian. Siswa yang mendengar mendapatkan manfaat dari presentasi simultan materi verbal dan nonverbal, yang mengarah pada performa akademis yang lebih baik (Presno, 1997 dan Iding, 2000). Namun, siswa DHH mengandalkan penerimaan visual melalui bahasa isyarat, teks real-time, pembacaan bibir, dan alat bantu visual lainnya (Johnson, 1991), mencegah mereka mengalami pembelajaran terintegrasi ini. Namun, Marshack (2008) juga menyoroti bahwa ada kesamaan kognitif antara siswa Tuli dan yang mendengar, menunjukkan bahwa bahkan perbedaan kecil dalam pengetahuan atau pendekatan belajar dapat memiliki dampak signifikan seiring waktu.

Dua faktor yang dapat meningkatkan kapasitas siswa Tuli untuk siap bergabung dengan dunia kerja adalah keterampilan pemecahan masalah dan berpikir kritis (Hafni dkk, 2020), di mana keterampilan ini sangat terkait

dengan Matematika, sehingga beberapa upaya diperlukan untuk memaksimalkan performa belajar siswa Tuli dalam STEM, terutama Matematika. Alat bantu saat ini untuk siswa Tuli sering menyediakan teks dan visual, yang bermanfaat, tetapi informasi yang tidak terstruktur dapat menyebabkan beban kognitif.

Oleh karena itu, tujuan dari tinjauan literatur ini adalah untuk mengeksplorasi variasi struktur informasi visual pada perangkat pembelajaran dan efektivitasnya terhadap performa belajar siswa Tuli. Hingga saat ini, hanya sedikit studi yang telah meneliti efektivitas *visual cues* pada pendekatan sistem dinamis dari perangkat pembelajaran multimedia, tidak ada studi yang menguji prinsip-prinsip desain terintegrasi (prinsip heuristik, teori beban kognitif, dan prinsip-prinsip pembelajaran multimedia) terhadap efektivitas performa siswa, dan tidak ada studi yang meneliti semua hal di atas terhadap siswa Tuli dalam konteks konsep abstrak, seperti Matematika, aljabar, dll. Tinjauan literatur ini juga bertujuan untuk menekankan pentingnya mengintegrasikan prinsip pemberian sinyal, terutama *visual cues*, dalam bahan belajar yang mengandung informasi ekstrinsik dan konsep abstrak seperti Matematika.

METODE

Tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana struktur informasi visual yang berbeda dalam perangkat pembelajaran mempengaruhi performa belajar siswa, dengan fokus khusus pada siswa Tuli. Selain itu, tinjauan ini menekankan pentingnya mengintegrasikan prinsip pemberian sinyal atau *cues*, terutama *visual cues*, dalam perangkat pembelajaran yang mencakup informasi ekstrinsik dan konsep abstrak, seperti Matematika. Pencarian literatur dilakukan dari Februari hingga Mei 2024, dengan menggunakan basis data Scopus (Elsevier), yang menyediakan hasil di berbagai bidang minat, termasuk teori beban kognitif dan penerapannya pada pembelajaran multimedia, *visual attention* dan efektivitas *visual cues*, serta hasil uji coba kegunaan alat bantu pengajaran multimedia pada siswa Tuli. Dari proses pencarian, penulis menemukan 8 studi utama seperti yang dijelaskan dalam Tabel 1, yang akan dijelaskan secara rinci pada bagian berikutnya.

Tabel 1. Deskripsi studi terpilih untuk tinjauan literatur.

No.	Penulis	Tahun, Judul	Tujuan Penelitian	Desain Penelitian	Partisipan: Sampel (pp), Negara (c)	Hasil dan Dampak Relevan
1	Cavender dkk	(2009) ClassInFocus: Enabling Improved Visual Attention Strategies for Deaf and Hard of Hearing Students	Memungkinkan strategi perhatian visual yang lebih baik untuk siswa Tuli dan gangguan pendengaran (DHH) dengan menggunakan teknologi yang disebut ClassInFocus, yang menyediakan akses simultan ke informasi visual dari berbagai sumber di kelas	Desain eksperimental, kuantitatif, kualitatif	pp = siswa Tuli c = Amerika Serikat	Penggunaan teknologi ClassInFocus meningkatkan kemampuan siswa Tuli untuk mengelola perhatian visual antara berbagai sumber informasi di kelas, meningkatkan pengalaman dan keterlibatan belajar mereka secara keseluruhan.

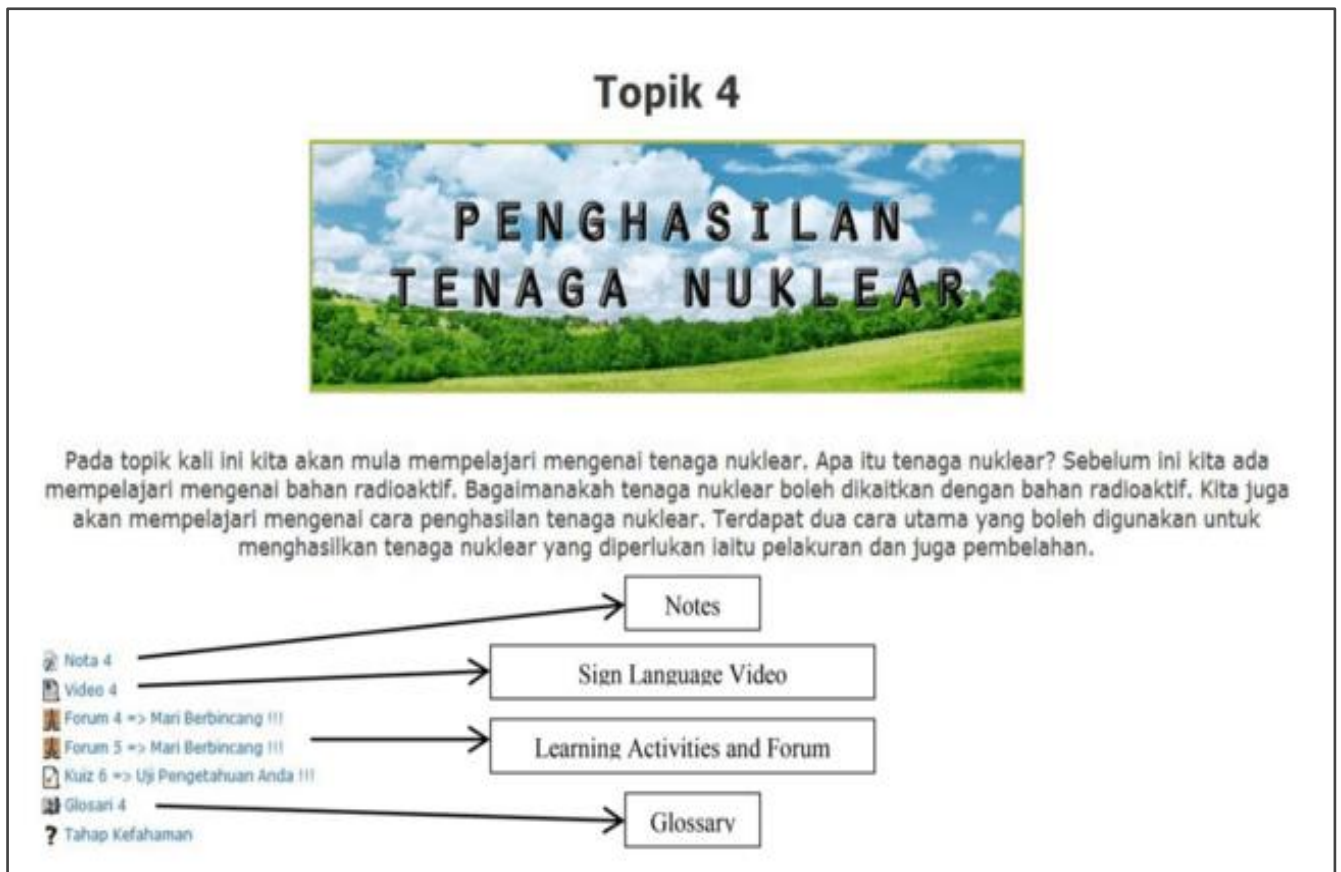
- | | | | | | | |
|---|-----------------|---|--|---|--|--|
| 2 | Nortey | (2010) Teaching Mathematics to Deaf and Hard of Hearing Students: An Experimental System Dynamics Approach | Membangun instruksi dinamis dan interaktif dengan teks dan alat bantu visual untuk membantu siswa Tuli memecahkan masalah Matematika, serta menguji efektivitasnya terhadap performa belajar siswa | Desain eksperimental, kuantitatif, kualitatif | pp = 8 siswa Tuli (diturunkan menjadi 4 siswa); 28 siswa Dengar kelas 10
c = Norwegia | Performa rata-rata peserta meningkat dari pre-test (53,50%) ke post-test satu (75,25%) dan post-test dua (72,25%). Dinamika sistem dan implementasi petunjuk visual atau <i>visual cues</i> dalam MILES ditemukan efektif dalam meningkatkan performa Matematika siswa Tuli. |
| 3 | Kushalnagar dkk | (2012) Deaf and Hearing Students' Eye Gaze Collaboration | Menyelidiki bagaimana siswa Tuli menggunakan pandangan mata dan strategi komunikasi non-verbal lainnya | Desain eksperimental, observasi | pp = siswa Tuli
c = Amerika Serikat | Studi menemukan bahwa siswa Tuli sangat mengandalkan pandangan mata untuk komunikasi dan kolaborasi dalam memahami informasi yang disajikan. |
| 4 | Xie dkk | (2017) The more total cognitive load is reduced by cues, the better retention and transfer of multimedia learning: A meta-analysis and two meta-regression analyses | Menganalisis efek pengurangan beban kognitif melalui petunjuk atau <i>cues</i> pada retensi dan transfer pembelajaran multimedia | Meta-analisis dan analisis meta-regresi | | <ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi beban kognitif melalui penggunaan petunjuk atau <i>cues</i> secara signifikan meningkatkan retensi dan transfer pengetahuan dalam lingkungan pembelajaran multimedia. • Jenis petunjuk atau <i>cues</i> tertentu dan karakteristik pelajar diidentifikasi sebagai faktor moderasi penting. |

5	Hashim dkk	(2020) An e-learning environment embedded with sign language videos: Research into its usability and the academic performance and learning patterns of deaf students	Mengevaluasi performa siswa Tuli menggunakan perangkat pembelajaran e-learning yang dikembangkan dengan video bahasa isyarat dan menilai kegunaannya	Desain eksperimental, kuantitatif (skor kegunaan dan performe) dan kualitatif	pp = 60 siswa Tuli berusia 13-17 tahun untuk persepsi kegunaan (hanya 52 siswa yang memenuhi syarat); 20 siswa kelas 4 atas sekolah menengah berusia 16 tahun untuk evaluasi performa c = Malaysia	Video bahasa isyarat, yang dikombinasikan dengan animasi, grafik, dan text yang disematkan, terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa dalam mempelajari topik sains.
6	Anshori dkk	(2021) The development of mathematics teaching materials integrating by Augmented Reality Software and Android for deaf students	Mendeskripsikan tahapan pengembangan dan hasil evaluasi perangkat pembelajaran yang terintegrasi oleh perangkat lunak Augmented Reality (AR) dan Android untuk siswa Tuli, khususnya untuk topik sudut dalam matematika.	Desain eksperimental, kualitatif	pp = ahli, guru matematika, dan siswa tunarungu kelas 7 c = Indonesia	Kombinasi instruksi berbasis teks, instruksi visual, dan AR diuji pada siswa Tuli, menunjukkan bahwa siswa menikmati belajar dengan materi yang terintegrasi AR dan mampu menyelesaikan pertanyaan latihan terkait sudut.
7	Andriyani dkk	(2022) The effectiveness application of learning model with augmented reality on deaf student's geometry learning outcomes	Menilai efektivitas AR dalam meningkatkan pemahaman siswa Tuli tentang konsep geometri.	Desain eksperimental, kuantitatif (skor performa)	pp = 17 siswa Tuli c = Indonesia	Peningkatan signifikan secara statistik dalam hasil belajar geometri setelah intervensi AR (nilai $p < 0,05$). Persentase siswa yang memenuhi kriteria kelengkapan minimum meningkat dari pretest ke posttest, menunjukkan efektivitas model pembelajaran AR.
8	Alias dkk	(2023) Principles and elements of interactive multimedia teaching aids design for hearing-impaired students	Menentukan prinsip dan elemen paling efektif dari desain multimedia interaktif untuk alat bantu pengajaran bagi siswa dengan gangguan pendengaran.	Tinjauan literatur		Studi mengidentifikasi prinsip-prinsip kunci seperti komunikasi visual yang jelas, elemen interaktif, dan desain yang berpusat pada pengguna sebagai hal yang krusial untuk alat bantu pengajaran multimedia yang efektif bagi siswa dengan gangguan pendengaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Literatur tentang Perangkat Pembelajaran Matematika untuk Siswa Tuli di Indonesia

Beberapa studi telah dilakukan di Indonesia untuk meningkatkan bahan ajar bagi siswa Tuli. Hashim dkk (2020) merancang *e-learning environment* yang terintegrasi dengan video bahasa isyarat untuk mengisi kesenjangan yang diidentifikasi dalam penelitian sebelumnya. Kombinasi fitur-fitur tersebut dapat dilihat pada Gambar 1, 2, 3, dan Gambar 4.



Gambar 1. Antarmuka e-learning (Hashim dkk, 2020)

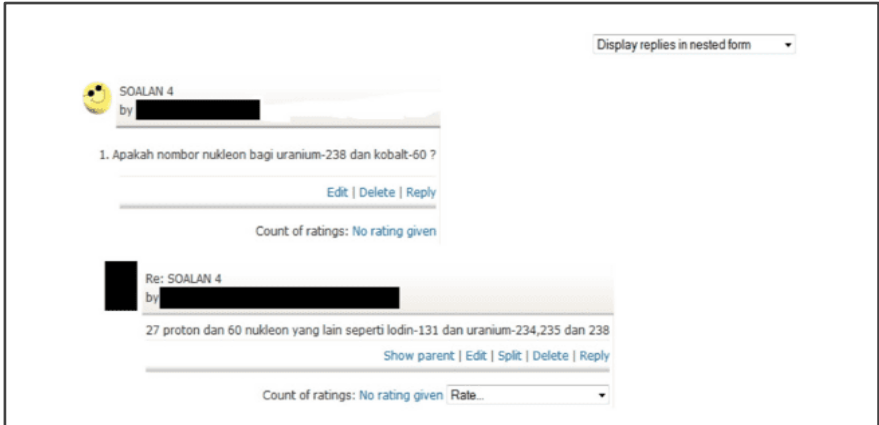
Penelitian mereka bertujuan untuk mengukur kegunaan, performa belajar, dan pola belajar dalam *e-learning environment*. Terinspirasi oleh Bueno dkk (2007), yang menilai efektivitas konten e-learning untuk siswa Tuli tingkat menengah menggunakan lingkungan belajar dinamis, Hashim dkk menggabungkan video bahasa isyarat, alat bantu visual dan *visual cues*, dan grafik untuk membuat pembelajaran lebih menarik. Studi lain yang dilakukan oleh Yoon dan Kim (2011) meneliti efek dari teks video bahasa isyarat pada pemahaman dan motivasi siswa Tuli dewasa dalam pembelajaran online. Kerangka kerja e-learning yang digunakan oleh Hashim dkk didasarkan pada teori kognitif pembelajaran multimedia, yang mengintegrasikan teori pemrosesan informasi dan model independensi linguistik Cummins (1989), serta karya Mayer dan Wells (1996). Teori-teori ini menunjukkan bahwa individu Tuli yang mahir dalam bahasa isyarat asli mereka dapat menggunakan keterampilan ini untuk mendukung penggunaan bahasa tertulis selama kegiatan belajar. Hashim dkk menguji metode bilingual-bicultural dengan menggabungkan video bahasa isyarat, catatan belajar (visual dan teks), aktivitas belajar, forum, dan glosarium.



Gambar 2. Contoh catatan dari antarmuka e-learning (Hashim dkk, 2020)



Gambar 3. Contoh video bahasa isyarat dari antarmuka e-learning (Hashim dkk, 2020)

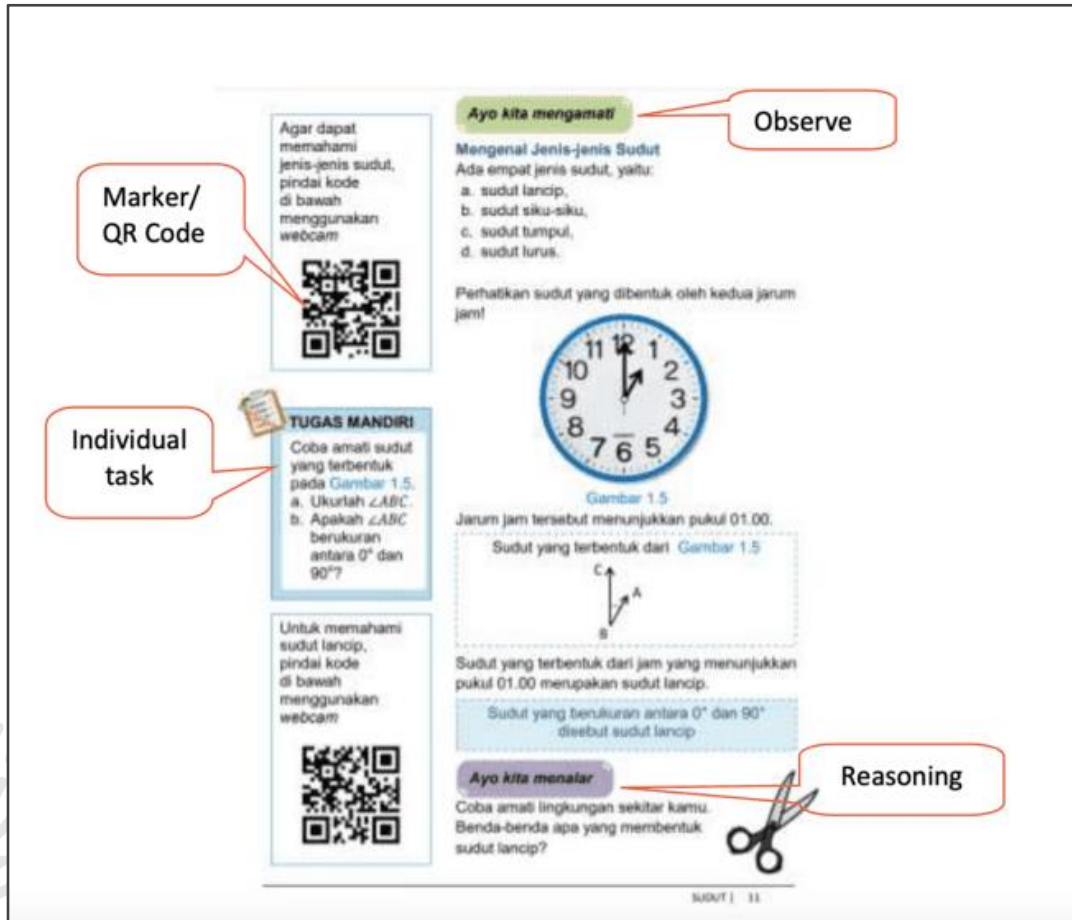


Gambar 4. Contoh ruang obrolan dari antarmuka e-learning (Hashim dkk, 2020)

Hashim dkk melakukan eksperimen mereka dengan 52 siswa Tuli, menggunakan pre-test dan post-test untuk mengukur performa belajar. Mereka juga menggunakan kuesioner kegunaan dan wawancara untuk mengumpulkan wawasan kualitatif. Studi tersebut menemukan bahwa video bahasa isyarat, yang dikombinasikan dengan animasi, grafik, dan subtitle atau teks yang disematkan, adalah media yang paling disukai oleh siswa Tuli, membantu mereka mencapai performa terbaik dalam belajar sains.

Studi lain oleh Anshori dkk (2021) dan Andriyani dkk (2022) mengimplementasikan Augmented Reality (AR) dalam bahan ajar Matematika. Anshori dkk fokus pada pengembangan dan evaluasi perangkat pembelajaran yang terintegrasi AR, sementara Andriyani dkk bertujuan untuk menilai efektivitas AR dalam meningkatkan

pemahaman siswa Tuli tentang konsep geometri. Kedua studi tersebut menemukan bahwa alat bantu AR membantu siswa Tuli memecahkan masalah matematika dan memperkuat pengetahuan mereka tentang konsep-konsep tertentu. Kombinasi instruksi berbasis teks, instruksi visual, dan instruksi AR dari studi Anshori dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman materi geometri, dengan instruksi berbasis teks dan gambar serta terhubung ke AR (Anshori dkk, 2021)

Anshori dkk (2021) menunjukkan bahwa kombinasi instruksi berbasis teks, instruksi visual, dan AR meningkatkan pemahaman siswa dan dapat digunakan mulai dari kelas 8 di sekolah luar biasa untuk siswa Tuli atau dari kelas tiga di sekolah dasar. Andriyani dkk (2022) melakukan eksperimen dengan 17 siswa Tuli, menunjukkan peningkatan skor yang signifikan secara statistik. Respon positif dari siswa menunjukkan bahwa model AR menawarkan pendekatan yang menarik untuk mempelajari konsep dua dimensi.

Nortey (2010) melakukan studi serupa, berfokus pada komponen lingkungan belajar interaktif (ILE) dalam Lingkungan Pembelajaran Interaktif Matematika untuk Siswa (MILES), yang menggunakan instruksi dinamika sistem. Sementara Hashim dkk menguji efektivitas instruksi statis yang menggabungkan teks, alat bantu visual, dan bahasa isyarat, studi Nortey berfokus pada membangun instruksi dinamis dan interaktif dengan teks dan alat bantu visual untuk membantu siswa Tuli memecahkan masalah matematika. Kombinasi fitur-fitur yang diuji tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

1. Calculate percentages in practical situations.

1. Letago Banana yogurt contains 250g. If the yogurt has 9% banana, calculate the content of banana in the yogurt.

2. The volume of tropic nektar is 1500ml concentrated juice. Fruit content is 50%. How many ml of fruit is in the concentrated juice?

Needed information:
i) Piece of item =
ii) Percentage value =
c) How to find percentage value

Key:
Piece of item * percentage value

a)

percent value

Piece of item

1250
625
0

0,00 0,0000 1,0000

250,00
1250,50
1,00 2500,00

0,00 73,00 146,00 219,00 292,00 365,00

Days

Calculating percentages of items

1: Piece of Item 2: percent value

Play

Erase

Page 1

?

Back

Next

Gambar 6. Media interaktif dengan contoh pengerjaan “mencari volume” menggunakan persentase dan volume total (Nortey, 2010)

Topik ini muncul dari fakta bahwa "penggunaan dan aplikasi uang" merupakan tantangan yang diakui bagi banyak siswa Tuli (Nunes, 2004). Studi Nortey bertujuan untuk menentukan bagaimana dinamika sistem dapat meningkatkan kinerja siswa Tuli dan menginspirasi penelitian lebih lanjut dalam Matematika dan mata pelajaran lainnya, seperti: pengerjaan “mencari volume dalam satu fluida”. Hasilnya menunjukkan bahwa siswa Tuli dan gangguan pendengaran meningkat dalam memecahkan masalah Matematika menggunakan ikon, gambar, grafik, dan proses simulasi sebagai *visual cues* dalam MILES.

Meskipun temuan yang menjanjikan, studi-studi ini memiliki keterbatasan dalam memastikan bahwa perangkat pembelajaran tidak bersifat ekstrinsik. Sangat penting untuk menentukan kapan dan bagaimana menggabungkan alat bantu visual, seperti teks, gambar, diagram (kombinasi teks, gambar, dan/atau animasi), dan video bahasa isyarat pada halaman yang sama untuk mencegah beban kognitif.

Peran Prinsip *Signaling Principle* atau Pemberian *Cues* dalam Pembelajaran

Alias dkk (2023) melakukan studi tinjauan literatur yang menekankan perlunya mempertimbangkan prinsip-prinsip dalam pembelajaran multimedia atau instruksi multimedia, untuk mencegah beban kognitif. Berdasarkan studi Mayer (2009), instruksi multimedia adalah penyajian materi menggunakan bentuk verbal (seperti teks cetak atau lisan) dan bentuk gambar (seperti grafik statis seperti ilustrasi atau grafik dinamis seperti animasi dan video). Ide di balik pembelajaran multimedia adalah bahwa siswa dapat lebih memahami penjelasan ketika mereka disajikan dengan kata-kata dan gambar daripada kata-kata saja (Mayer, 2009).

Mayer (2009) merangkum prinsip-prinsip untuk mengurangi pemrosesan ekstrinsik, yang meliputi koherensi (menghilangkan kata, suara, atau grafik yang tidak perlu), *signaling* (menyoroti kata atau grafik yang penting), redundansi (menghilangkan keterangan yang berlebihan dari animasi yang dinarasikan), *spatial continuity* (menempatkan kata penting di samping grafik yang sesuai di layar), dan *temporal continuity* (menyajikan kata dan gambar yang sesuai secara bersamaan). Prinsip-prinsip ini juga didukung oleh temuan terbaru dari Alias dkk (2023), yang menekankan perlunya mempertimbangkan prinsip-prinsip seperti *clarity*, *temporal continuity*, *harmony*, *consistency*, *coherence*, *familiarity*, *spatial contiguity*, *embodiment*, kontrol, dan kontras saat

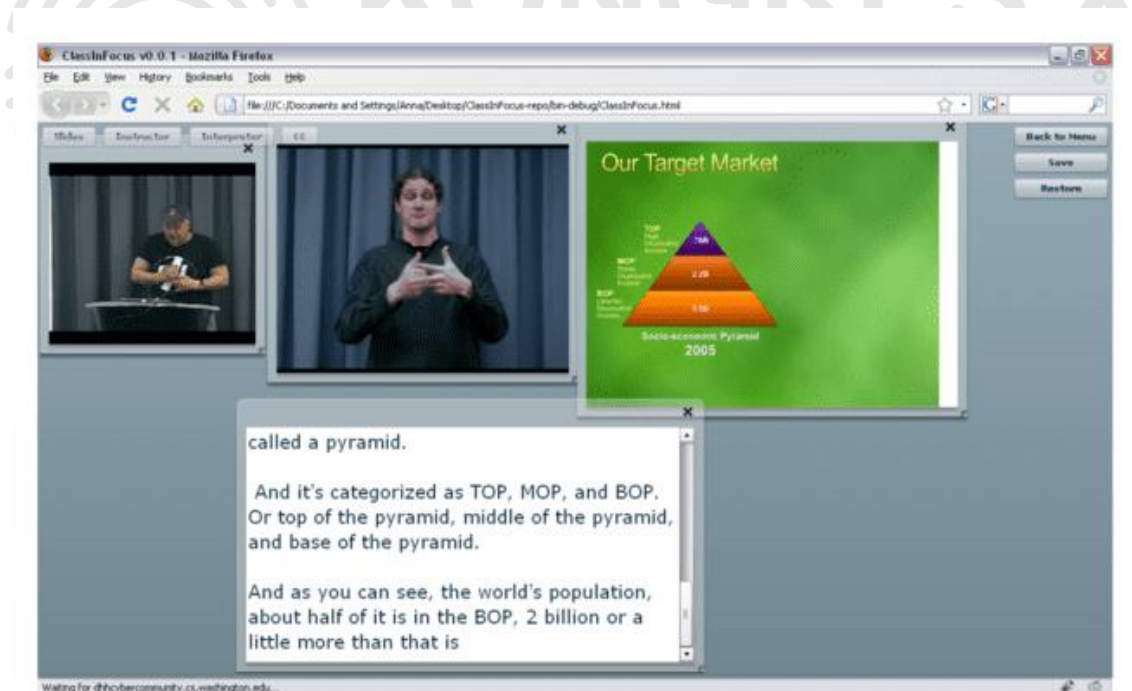
merancang materi interaktif untuk siswa Tuli. Prinsip-prinsip ini masih kurang dalam implementasi alat bantu e-learning untuk siswa Tuli saat ini.

Mendukung pentingnya pemberian sinyal, banyak studi telah menunjukkan bahwa menambahkan petunjuk atau *cues* dalam materi multimedia dapat meningkatkan kinerja belajar. Sebuah meta-analisis yang dilakukan oleh Xie dkk (2017) menemukan bahwa pelajar dalam kondisi pemberian petunjuk melaporkan persepsi beban kognitif yang lebih rendah dibandingkan dengan pelajar dalam kondisi tanpa petunjuk, mengungkapkan bahwa petunjuk atau *cues* dapat mengurangi beban kognitif subjektif. Juga ditemukan bahwa menambahkan petunjuk dalam materi multimedia secara signifikan memfasilitasi retensi dan transfer pembelajaran (Xie dkk, 2017).

Aplikasi Petunjuk Visual atau *Visual Cues* yang Efektif dalam Pembelajaran Multimedia

Inovasi untuk memaksimalkan peran petunjuk visual atau *visual cues* dalam membimbing perhatian visual siswa Tuli dalam pembelajaran multimedia dikembangkan oleh Cavender dkk (2009) dengan ClassInFocus. ClassInFocus dapat secara otomatis memberi tahu siswa tentang perubahan di kelas, seperti perubahan slide atau pembicara, membantu mereka menerapkan strategi pengamatan yang lebih efektif.

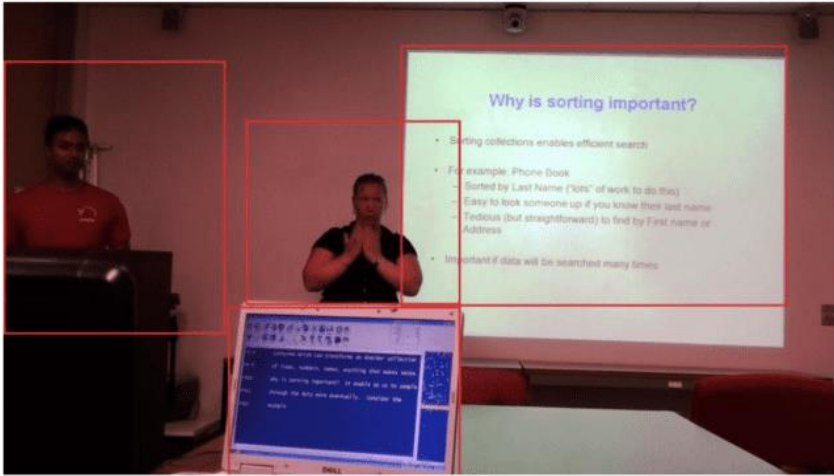
Prototipe alat ini bertujuan untuk mengurangi hambatan yang dialami oleh siswa Tuli di kelas standar, seperti dispersi visual (banyaknya sumber informasi visual secara simultan: penerjemah atau teks, instruktur, slide, teman sekelas lainnya), yang meningkatkan kemungkinan informasi terlewat, tingkat keterampilan yang tidak konsisten dari penerjemah bahasa isyarat, penerjemah teks, atau guru itu sendiri, dan interaksi kelas yang terkekang. ClassInFocus memanfaatkan Adobe's Flash Collaboration Services, aplikasi sosial yang berjalan di browser web menggunakan Flash Player. Fleksibilitas kerangka kerja ini memungkinkan iterasi desain yang cepat. Fitur pemberitahuan visual yang diperkenalkan dalam ClassInFocus dikembangkan berdasarkan beberapa prinsip: langsung menunjukkan perubahan konten, menghindari animasi yang tidak perlu, mempertahankan tata letak *window*, tidak memerlukan perangkat keras tambahan, dan meminimalkan gangguan dari fokus saat ini (Cavender dkk, 2009). Prototipe dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Antarmuka ClassInFocus, dengan konfigurasi *window* yang dipilih oleh salah satu peserta (Cavender dkk, 2009)

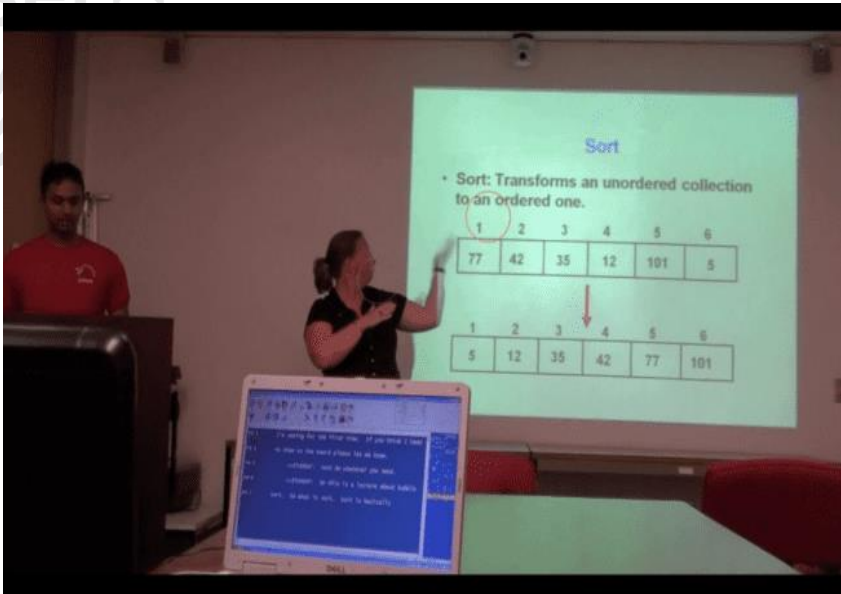
Cavender dkk melakukan eksperimen yang melibatkan enam siswa Tuli, menggunakan berbagai tes termasuk pelacakan mata, kuesioner preferensi peserta, dan pertanyaan konten untuk mengukur efektivitas proses transfer informasi. Berdasarkan studi ini, tampaknya mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, termasuk slide, meningkatkan performa. Teknik pemberitahuan membantu siswa lebih baik mendistribusikan perhatian visual mereka.

Pendekatan serupa dilakukan oleh Kushalnagar dkk (2012). Studi ini menyoroti masalah yang dialami oleh siswa Tuli yang menghadapi tantangan dalam pengambilan keputusan saat mengalihkan perhatian dari representasi visual audio kuliah, seperti penerjemah bahasa isyarat atau teks. Untuk mengurangi tantangan pengambilan keputusan bagi siswa Tuli, studi ini menganalisis efektivitas penggunaan pandangan mata siswa yang mendengar dan target sebagai petunjuk referensi dalam kuliah.



Gambar 8. Kondisi kelas dengan kuliah dengan penerjemah bahasa isyarat dan penulis teks (Kushalnagar dkk 2012)

Gambar di atas adalah kondisi perkuliahan dengan penerjemah bahasa isyarat dan penulis teks, dan biasanya siswa Tuli dipaksa untuk memilih dan beralih antara representasi visual dari audio dan sumber visual kuliah yang aktif. Oleh karena itu, Kushalnagar dkk melakukan studi percontohan di mana rata-rata dari data pandangan mata digunakan untuk membuat petunjuk referensi visual dengan *circled cues* bagi siswa tunarungu.



Gambar 9. Kondisi kelas dengan *circled cues* (Kushalnagar dkk 2012)

Setelah iterasi, Kushalnagar dkk melakukan studi utama di mana mereka mendesain ulang petunjuk lingkaran atau *circled cues* menjadi *spotlight cues*. Untuk membuat *spotlight cues* yang besar dan bergerak lambat, studi ini menghitung peta probabilitas lokasi pandangan siswa yang mendengar selama 2 detik sebelumnya. Peta ini kemudian dilapiskan pada video kuliah dengan transparansi 90%, memastikan bahwa visual yang mendasarinya tidak terhalang. Kombinasi fitur-fitur tersebut dapat dilihat di Gambar 10.



Gambar 10. Kondisi kelas dengan *spotlight cues* (Kushalnagar dkk 2012)

Studi ini melibatkan delapan siswa Tuli yang diinstruksikan untuk menggunakan petunjuk referensi untuk membantu mengalihkan perhatian mereka dari penerjemah ke sumber aktif, seperti slide. Temuan menunjukkan bahwa menggunakan petunjuk visual berdasarkan pandangan siswa yang mendengar membantu mengurangi beban kognitif pada siswa Tuli, memungkinkan mereka untuk lebih fokus pada pembelajaran materi daripada membuat keputusan.

KESIMPULAN

Studi-studi yang ditinjau menyoroti peran signifikan petunjuk visual atau *visual cues* dalam meningkatkan pengalaman belajar siswa Tuli dalam perangkat multimedia. Variasi kombinasi *visual cues* yang diuji dari studi-studi tersebut termasuk: implementasi animasi dan teks melalui *augmented reality* (AR); implementasi video bahasa isyarat, gambar, dan teks dengan pendekatan statis; implementasi animasi (gambar bergerak), gambar, dan teks dengan pendekatan dinamis; dan tinjauan literatur tentang implementasi *animated pedagogical agent* (APA), pemberian sinyal dengan panah, dan pemberian sinyal dengan warna.

Namun, penelitian di masa depan harus fokus pada eksperimen dengan berbagai kombinasi petunjuk visual—seperti panah, warna yang mencolok, *flashing*, gerakan menunjuk atau *pointing gestures*, meredupkan atau *graying out*, dan *spotlight cues*—dalam konteks multimedia statis dan dinamis, untuk mengetahui bagaimana dan kapan petunjuk spesifik dibutuhkan. Studi eksperimental ini akan memberikan wawasan berharga tentang integrasi optimal petunjuk-petunjuk ini untuk mendukung pembelajaran siswa Tuli, misalnya, sebagai prinsip desain bagi guru dan platform lain yang tertarik untuk meningkatkan alat pembelajaran multimedia bagi siswa Tuli.

Selain itu, penelitian di masa depan harus memasukkan kasus-kasus pemecahan masalah matematika untuk menyelidiki korelasi antara *visual cues* dan performa belajar. Dengan fokus pada masalah Matematika dunia nyata, studi-studi ini dapat menilai seberapa efektif *visual cues* membantu dalam memahami dan memecahkan konsep yang kompleks. Pendekatan ini akan memberikan bukti komprehensif tentang dampak *visual cues* pada hasil belajar siswa Tuli, yang berkontribusi pada pengembangan alat pendidikan yang lebih efektif dan inklusif.

DAFTAR PUSTAKA

Alias, M., & Suradi, Z. (2023). Principles and elements of interactive multimedia teaching aids design for hearing-impaired students. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 12(2), 123-135. <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i2/12345>

- Andriyani, R., Ismayati, & Qosim, A. (2022). The effectiveness application of learning model with augmented reality on deaf student's geometry learning outcomes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1933(1), 012067. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1933/1/012067>
- Anshori, H., & Novianingsih, K. (2021). The development of mathematics teaching materials integrating by Augmented Reality Software and Android for deaf students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012043>
- Bauman, Hansel. 2010. *DeafSpace Design Guidelines*. Gallaudet University.
- Bueno, F. J., Fernández del Castillo, J. R., Garcia, S., & Borrego, R. (2007). E-learning content adaptation for deaf students. 12th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education. (pp. 271–275). Dundee, Scotland. 10.1145/1269900.1268862.
- Cavender, A. C., Bigham, J. P., & Ladner, R. E. (2009). ClassInFocus: Enabling improved visual attention strategies for deaf and hard of hearing students. *Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '09)*, 67-74. <https://doi.org/10.1145/1639642.1639660>
- Cummins, J. (1989). A theoretical framework of bilingual special education. *Exceptional Children*, 56, 111–119. <https://doi.org/10.1177/001440298905600203>.
- Daliman, S.Pd., Noornia, A., M.Pd., Pramudya, C. W., & Sumiyati. (2016). *Buku Siswa: Matematika Kelas X Tunarungu*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Hafni, R. N., Herman, T., Nurlaelah, E., & Mustikasari, L. (2020). The importance of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education to enhance students' critical thinking skill in facing the industry 4.0. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521, 042040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042040>
- Hashim, M. H. M., & Tasir, Z. (2020). An e-learning environment embedded with sign language videos: Research into its usability and the academic performance and learning patterns of deaf students. *Educational Technology Research and Development*, 68(6), 2873–2911. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09802-4>
- Iding, M. K. (2000). Is seeing believing? Features of effective multimedia for learning science. *International Journal of Instructional Media*, 27, 403–415.
- Johnson, K. (1991). Miscommunication in interpreted classroom interaction. *Sign Language Studies*, 70, 1–34.
- Kushalnagar, R., & Srinivasan, S. (2012). Deaf and hearing students' eye gaze collaboration. *Journal of Educational Technology Systems*, 41(1), 23-34. <https://doi.org/10.2190/ET.41.1.b>
- Marschark, M., & Hauser, P. C. (Eds.). (2008). *Deaf Cognition: Foundations and Outcomes*. Oxford University Press.
- Mayer, C., & Wells, G. (1996). Can the linguistic interdependence theory support a bilingual-bicultural model of literacy education for deaf students? *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 1, 93–107. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.deafed.a014290>.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Nortey, G. N. (2010). *Teaching mathematics to deaf and hard of hearing students: An experimental system dynamics approach* (Master's thesis). University of Bergen.
- Nunes, T.(2004) *Teaching mathematics to deaf children*. London: Whurr. 177 pages in Blatto- Vallee, G. (2005) *One of a kind* *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. 10(3):317
- Ozcelik E, Karakus T, Kursun E, Cagiltay K. An eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning. *Comput Educ*. 2009; 53(2):445–53. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.03.002>
- Presno, C. (1997). Bruner's three forms of representation revisited: Action, pictures, and words for effective computer instruction. *Journal of Instructional Psychology*, 24, 112–118.
- Republik Indonesia. (2003). *Undang-Undang Sistem Pendidikan Nasional No. 23 Tahun 2003*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. (2016). *Undang-Undang Penyandang Disabilitas No. 8 Tahun 2016*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Xie, H., Wang, F., Zhou, Z., & Yu, S. (2017). The more total cognitive load is reduced by cues, the better retention and transfer of multimedia learning: A meta-analysis and two meta-regression analyses. *Educational Research Review*, 21, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.01.001>
- Yoon, J. O., & Kim, M. (2011). The effects of captions on deaf students' content comprehension, cognitive load, and motivation in online learning. *American Annals of the Deaf*, 15(3), 283–289.