

BuildRig

Media Pembelajaran Simulasi Perakitan Komputer untuk Penguatan Kompetensi Perangkat Keras di SMK

OFFLINE · SATU BERKAS HTML · TANPA RISIKO KERUSAKAN PERANGKAT

Aliyudin

Guru Mata Pelajaran Produktif TKJ

Abstrak

Pembelajaran perakitan komputer di SMK terbentur tiga kendala: komponen mahal dan rentan rusak, unit praktik terbatas, dan kesalahan pemasangan baru diketahui setelah terlanjur terjadi. BuildRig adalah media pembelajaran simulasi berbasis HTML yang memungkinkan siswa merakit PC virtual dari 13 jenis perangkat, menerima umpan balik kompatibilitas seketika, memasang kabel, menguji nyala, dan menyelesaikan empat misi tantangan, tanpa koneksi internet dan tanpa risiko merusak perangkat keras.

Inovasi ini dirancang berdasarkan teori beban kognitif, pembelajaran multimedia, dan pembelajaran berbasis pengalaman, lalu ditempatkan dalam alur *Pahami–Rakit–Uji–Evaluasi* sebelum siswa memasuki praktik fisik. Naskah ini memaparkan landasan teoretis, rancangan inovasi, desain pembelajaran, dan protokol evaluasi empiris (kuasi-eksperimen pretest–posttest dengan kelompok pembanding) lengkap dengan instrumen, indikator keberhasilan, dan templat pelaporan data. Bagian hasil sengaja berupa templat: angka diisi dari penerapan nyata supaya klaim efektivitas dapat diperiksa.

Kata kunci: *simulasi perakitan komputer, media pembelajaran HTML, pendidikan vokasi, TKJ, beban kognitif, pembelajaran berbasis pengalaman*

Daftar Isi

1. Pendahuluan 5

1.1 Latar belakang 5

1.2 Kesenjangan dan urgensi 5

2. Rumusan Masalah, Tujuan, dan Manfaat 6

2.1 Rumusan masalah 6

2.2 Tujuan 6

2.3 Manfaat 6

3. Kajian Teoretis dan Bukti Empiris 6

3.1 Teori beban kognitif 6

3.2 Pembelajaran multimedia 7

3.3 Pembelajaran berbasis pengalaman dan prinsip pertama instruksi 7

3.4 Simulasi, self-efficacy, dan belajar dari kesalahan 7

3.5 Umpan balik 7

3.6 Ringkasan: dari teori ke fitur 8

4. Deskripsi Inovasi: BuildRig 8

4.1 Komponen media 9

4.2 Mekanisme yang membedakan 9

4.3 Kebaruan 10

5. Desain Pembelajaran 10

5.1 Sintaks pembelajaran 10

5.2 Contoh alokasi tiga pertemuan 11

5.3 Peran guru dan diferensiasi 11

5.4 Keterpaduan dengan kurikulum 11

6. Metodologi Evaluasi Empiris 11

6.1 Desain penelitian 11

6.2 Hipotesis 12

6.3 Variabel dan instrumen 12

6.4 Prosedur 12

6.5 Analisis data 12

6.6 Indikator keberhasilan yang ditetapkan sebelum penelitian 13

6.7 Etika dan ancaman validitas . . . 13

7. Hasil dan Pembahasan . . . 13

7.1 Karakteristik subjek dan kesetaraan awal . . . 13

7.2 Hasil belajar kognitif . . . 14

7.3 Keterampilan perakitan fisik, self-efficacy, dan pengalaman pengguna . . . 14

7.4 Kerangka pembahasan . . . 14

8. Kebermanfaatan, Keberlanjutan, dan Replikasi . . . 15

8.1 Keberlanjutan . . . 15

8.2 Replikasi oleh guru lain . . . 15

9. Keterbatasan . . . 15

10. Simpulan dan Rekomendasi . . . 16

10.1 Simpulan . . . 16

10.2 Rekomendasi . . . 16

Daftar Pustaka . . . 17

Lampiran A. Rubrik Unjuk Kerja Perakitan Fisik . . . 18

Lampiran B. Contoh Butir Skala Self-Efficacy . . . 18

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Pendidikan vokasi bertujuan menyiapkan lulusan yang kompeten dan siap bekerja, sehingga ukuran keberhasilannya adalah kemampuan melakukan pekerjaan, bukan sekadar menjawab soal. Pada kompetensi perakitan dan diagnosis komputer di program keahlian Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), kompetensi itu menuntut tiga hal sekaligus: pengetahuan konseptual (fungsi dan kompatibilitas komponen), keterampilan prosedural (urutan dan teknik pemasangan), dan kemampuan diagnosis ketika sistem gagal menyala.

Di lapangan, pembelajaran kompetensi ini menghadapi hambatan struktural yang berulang:

- **Biaya dan risiko kerusakan.** Satu kesalahan pemasangan, misalnya pin CPU bengkok atau kabel daya tertukar, dapat merusak komponen yang mahal.
- **Keterbatasan unit praktik.** Jumlah unit di laboratorium umumnya lebih sedikit daripada jumlah siswa, sehingga banyak siswa hanya mengamati.
- **Umpan balik yang terlambat.** Ketidakcocokan soket atau tipe RAM baru terlihat setelah komponen dibeli atau dipasang.
- **Pembelajaran terikat jam dan tempat.** Siswa sulit mengulang latihan di luar laboratorium.
- **Konektivitas terbatas.** Banyak sekolah tidak dapat mengandalkan internet yang stabil untuk media daring.

Kondisi pasar memperberat hambatan pertama. Menurut katalog yang dipakai BuildRig (kondisi November 2026), harga memori dan penyimpanan naik tajam sejak akhir 2025, sehingga kesalahan pembelian maupun pemasangan semakin mahal.

> **Catatan penulis.** Tambahkan data sekolah, misalnya rasio siswa per unit PC, jumlah jam praktik, dan temuan awal dari asesmen diagnostik.

1.2 Kesenjangan dan urgensi

Media yang ada, baik buku teks, video, maupun animasi, umumnya bersifat satu arah: siswa melihat, tetapi tidak mengambil keputusan dan tidak menanggung akibatnya. Pembelajaran vokasi yang efektif membutuhkan ruang bagi siswa untuk memilih, keliru, melihat konsekuensi, dan memperbaiki (Billett, 2001). Dibutuhkan media yang (a) menyediakan latihan pengambilan keputusan dengan umpan balik seketika, (b) selaras dengan konteks dan istilah kurikulum SMK, (c) dapat berjalan di perangkat sederhana tanpa internet, dan (d) dapat direplikasi guru lain tanpa biaya lisensi.

BuildRig dikembangkan untuk menjawab kebutuhan tersebut sebagai jembatan antara teori di kelas dan praktik fisik di laboratorium.

2. Rumusan Masalah, Tujuan, dan Manfaat

2.1 Rumusan masalah

1. Bagaimana rancangan media simulasi perakitan komputer yang selaras dengan kompetensi TKJ dan dapat dijalankan secara *offline*?
2. Bagaimana media tersebut diintegrasikan ke dalam alur pembelajaran sebelum praktik fisik?
3. Seberapa besar pengaruhnya terhadap hasil belajar kognitif, keterampilan perakitan, dan *self-efficacy* siswa dibandingkan pembelajaran konvensional?
4. Bagaimana persepsi siswa dan guru terhadap kebergunaan, kemudahan, dan beban kognitif media ini?

2.2 Tujuan

- Mendeskripsikan rancangan dan fitur inovasi BuildRig.
- Menyusun desain pembelajaran yang mengintegrasikan BuildRig dalam siklus Pahami–Rakit–Uji–Evaluasi.
- Menguji secara empiris pengaruh BuildRig terhadap hasil belajar, keterampilan, dan *self-efficacy*.
- Mengukur *usability* dan beban kognitif sebagai dasar penyempurnaan.

2.3 Manfaat

- **Teoretis:** memperkaya bukti penerapan simulasi dan prinsip pembelajaran multimedia pada pendidikan vokasi komputer di konteks Indonesia.
- **Praktis bagi siswa:** latihan tak terbatas, aman, dan mandiri, dengan umpan balik seketika.
- **Praktis bagi guru:** media siap pakai, dapat dibagikan lewat flashdisk, dan menyediakan sarana asesmen formatif (kuis, misi, dan lembar spesifikasi).
- **Praktis bagi sekolah:** mengurangi risiko kerusakan perangkat praktik dan biaya habis pakai.

3. Kajian Teoretis dan Bukti Empiris

Rancangan BuildRig bertumpu pada kerangka teori yang bukti empirisnya cukup mapan. Tiap kerangka diterjemahkan menjadi keputusan desain yang dapat diperiksa.

3.1 Teori beban kognitif

Pemula yang menghadapi tugas dengan banyak elemen saling bergantung, seperti memilih komponen yang soket, tipe memori, ukuran, dan dayanya harus cocok sekaligus, mudah mengalami kelebihan beban memori kerja (Sweller, 1988; Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998). Karena itu BuildRig membatasi urutan pemasangan (komponen baru terbuka setelah prasyaratnya terpasang), menampilkan satu keputusan pada satu waktu, dan memberi lencana kompatibilitas pada setiap pilihan.

3.2 Pembelajaran multimedia

Mayer (2009) merangkum prinsip yang didukung eksperimen, antara lain segmentasi, penandaan (*signaling*), dan kedekatan ruang antara gambar dan teks. Fitur anatomi bernomor, *stepper* langkah, dan keterangan di samping gambar komponen adalah penerapan langsungnya.

3.3 Pembelajaran berbasis pengalaman dan prinsip pertama instruksi

Siklus Kolb (1984) berpindah dari pengalaman konkret, observasi reflektif, konseptualisasi abstrak, hingga eksperimen aktif. Merrill (2002) menyimpulkan bahwa pembelajaran lebih efektif ketika berpusat pada masalah nyata, mengaktifkan pengetahuan awal, memberi demonstrasi, menuntut penerapan, dan mendorong integrasi ke dunia kerja. Dalam BuildRig, misi tantangan berperan sebagai masalah nyata, ensiklopedia sebagai aktivasi dan demonstrasi, simulasi sebagai penerapan, dan ekspor daftar belanja serta praktik fisik sebagai integrasi.

3.4 Simulasi, self-efficacy, dan belajar dari kesalahan

Meta-analisis Cook dkk. (2011) pada pendidikan profesi kesehatan menemukan bahwa pelatihan berbasis simulasi berasosiasi dengan efek besar terhadap pengetahuan dan keterampilan dibandingkan tanpa intervensi (kisaran *pooled effect size* sekitar 1,1–1,2). Sitzmann (2011) pada simulasi komputer untuk pelatihan melaporkan keunggulan *self-efficacy*, pengetahuan deklaratif, pengetahuan prosedural, dan retensi dibandingkan kelompok pembanding, dengan catatan bahwa simulasi paling efektif bila menjadi pelengkap, bukan pengganti, instruksi lain. Bandura (1997) menempatkan pengalaman keberhasilan sebagai sumber utama *self-efficacy*. Adapun belajar dari kesalahan didukung oleh Kapur (2008) tentang *productive failure* dan meta-analisis Keith dan Frese (2008) yang menunjukkan keunggulan pelatihan pengelolaan kesalahan, terutama untuk transfer adaptif. Kesalahan dalam simulasi bersifat murah, sehingga aman dijadikan bahan belajar.

> **Catatan kehati-hatian.** Temuan Cook dkk. berasal dari bidang kesehatan, sehingga besaran efeknya tidak boleh diasumsikan sama untuk perakitan komputer. Itulah alasan naskah ini menyertakan evaluasi empiris sendiri (Bagian 6).

3.5 Umpan balik

Hattie dan Timperley (2007) menunjukkan bahwa umpan balik yang spesifik terhadap tugas dan segera paling berpengaruh pada pembelajaran. Pesan seperti “Soket AM5 tidak cocok dengan motherboard AM4” serta log nyala PC (POST) pada BuildRig adalah umpan balik semacam itu.

3.6 Ringkasan: dari teori ke fitur

Tabel 1. Pemetaan kerangka teori ke fitur inovasi

Kerangka teori	Prinsip inti	Wujud pada BuildRig
Beban kognitif (Sweller, 1988)	Kurangi beban elemen yang tidak esensial	Urutan komponen terkunci bertahap, satu keputusan per langkah
Multimedia (Mayer, 2009)	Penandaan dan segmentasi	Anatomi bernomor, *stepper*, panel keterangan
Pengalaman (Kolb, 1984)	Siklus mengalami–merefleksi–mencoba lagi	Rakit, uji nyala, perbaiki, ulangi
Prinsip pertama (Merrill, 2002)	Berpusat pada masalah nyata	Empat misi dengan kriteria terukur
***Self-efficacy* (Bandura, 1997)**	Pengalaman berhasil membangun keyakinan	PC virtual yang menyala hingga desktop
Umpan balik (Hattie & Timperley, 2007)	Spesifik dan segera	Lencana kompatibilitas, pesan galat, log POST
Kesalahan produktif (Kapur, 2008; Keith & Frese, 2008)	Kesalahan menjadi bahan belajar	Kegagalan nyala yang aman dan dapat diulang

4. Deskripsi Inovasi: BuildRig

BuildRig adalah aplikasi web tunggal (satu berkas HTML) yang berjalan penuh di *browser* tanpa server, tanpa instalasi, dan tanpa internet. Font, gambar, dan data tertanam di dalam berkas, sehingga dapat dibagikan lewat flashdisk dan dibuka di komputer, laptop, maupun ponsel. Kemajuan misi dan kuis disimpan di penyimpanan lokal *browser*.

4.1 Komponen media

Tabel 2. Komponen media dan fungsi pedagogisnya

Bagian	Isi	Fungsi pedagogis
Sejarah	Linimasa 15 tonggak komputasi dan grafik jumlah transistor	Membangun konteks dan motivasi
Rakit PC	13 perangkat dengan urutan bertahap, lencana kompatibilitas, anatomi bernomor, mode panduan, simulasi 8 jenis kabel, uji nyala dengan log POST, desktop simulasi	Latihan keputusan, umpan balik seketika, dan pengalaman keberhasilan
Infografis	Peta hubungan komponen, urutan perakitan, alur dari tombol power ke desktop, perbandingan kecepatan	Representasi visual untuk pemahaman sistem
Ensiklopedia	13 entri komponen dan istilah dengan analogi	Aktivasi pengetahuan awal
FAQ	17 pertanyaan dengan fitur pencarian	Mengatasi miskonsepsi umum
Kuis	36 soal dengan penjelasan tiap jawaban	Asesmen formatif mandiri
Tantangan	4 misi berkriteria terukur (kantor, *gaming*, *workstation*, mini PC)	Pemecahan masalah dengan batasan anggaran
Bantuan	Keselamatan kerja, 8 gejala *troubleshooting*, 14 istilah glosarium	Diagnosis dan K3
Belajar	7 modul (biner, arsitektur, sistem operasi, jaringan, perawatan, pemilihan komponen, peta OS) dan alat bantu: konverter bilangan, kalkulator *subnet*, simulasi urutan kabel UTP	Perluasan ke kompetensi jaringan dan sistem

4.2 Mekanisme yang membedakan

1. **Validasi kompatibilitas seketika.** Setiap pilihan diberi status cocok, peringatan, atau tidak cocok berdasarkan soket, tipe RAM, ukuran casing, panjang kartu grafis, kapasitas pendingin, dan cadangan daya PSU.
2. **Kegagalan yang aman dan informatif.** Tombol “Cek & nyalakan PC” menjalankan pemeriksaan menyeluruh dan menjelaskan penyebab kegagalan, misalnya “pendingin tidak kuat untuk CPU” atau “kabel CPU 8-pin belum terpasang”.
3. **Simulasi kabel.** Siswa memilih kabel lalu menghubungkannya ke colokan yang benar; salah colok menghasilkan penjelasan, bukan sekadar penolakan.
4. **Skor terukur.** Biaya total, beban daya, dan skor kinerja diperbarui langsung, sehingga siswa belajar menimbang anggaran dan kinerja.
5. **Misi dengan kriteria objektif.** Setiap misi diperiksa otomatis terhadap kriteria (misalnya anggaran, kapasitas RAM, tidak terjadi *bottleneck*), lalu hasilnya tersimpan.
6. **Lembar spesifikasi dan daftar belanja.** Hasil rakitan dapat diekspor (CSV atau TXT) sebagai bukti kerja dan dokumen asesmen.
7. **Katalog kontekstual.** Harga dalam rupiah dan komponen mengikuti kondisi pasar November 2026, termasuk platform AMD AM4/AM5 dan Intel LGA1851.

4.3 Kebaruan

Kebaruan BuildRig terletak pada kombinasi (a) cakupan terpadu perangkat keras, sistem operasi, dan jaringan dalam satu media, (b) kemampuan *offline* penuh dengan beban teknis nol bagi sekolah, (c) umpan balik berbasis aturan yang spesifik terhadap konteks keputusan siswa, dan (d) keselarasan dengan istilah dan alur kompetensi TKJ. Klaim kebaruan ini bersifat deskriptif atas rancangan; perbandingan sistematis dengan media sejenis dapat ditambahkan oleh penulis bila diperlukan.

5. Desain Pembelajaran

BuildRig tidak dimaksudkan menggantikan praktik fisik. Fungsinya menyiapkan siswa agar masuk laboratorium dengan pemahaman konsep, urutan kerja, dan kesalahan umum yang sudah dikenali. Model yang dipakai adalah pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan siklus pengalaman (*blended*: simulasi lalu praktik nyata).

5.1 Sintaks pembelajaran

Sintaks terdiri atas enam langkah yang berporos pada empat fase inti Pahami–Rakit–Uji–Evaluasi, dibingkai oleh orientasi masalah di awal dan transfer ke praktik nyata di akhir.

1. **Orientasi masalah.** Guru memaparkan skenario klien (misalnya PC kantor dengan anggaran Rp 12 juta) dan tujuan pembelajaran. Siswa menelusuri tab Sejarah dan Ensiklopedia untuk mengaktifkan pengetahuan awal.
2. **Pahami.** Siswa mempelajari fungsi komponen melalui anatomi bernomor dan mode panduan, kemudian mengerjakan kuis awal.
3. **Rakit.** Siswa merancang dan merakit PC virtual sesuai skenario, memasang kabel, dan mencatat keputusan beserta alasannya.
4. **Uji.** Siswa menjalankan uji nyala, membaca pesan galat, memperbaiki rakitan, dan mengulang sampai PC menyala. Siswa kemudian menyelesaikan misi tantangan.
5. **Evaluasi dan refleksi.** Siswa mengekspor lembar spesifikasi, menjelaskan alasan pemilihan komponen, dan mengerjakan kuis akhir. Guru memfasilitasi diskusi tentang kesalahan yang paling sering muncul.
6. **Transfer.** Siswa menerapkan urutan yang sama pada perangkat fisik di laboratorium dengan lembar kerja dan pengamatan guru.

5.2 Contoh alokasi tiga pertemuan

Tabel 3. Contoh alokasi tiga pertemuan

Pertemuan	Fokus	Kegiatan dengan BuildRig	Luaran
1	Mengenal komponen dan kompatibilitas	Ensiklopedia, anatomi, rakit bertahap dengan mode panduan, kuis awal	Lembar spesifikasi pertama
2	Merakit sesuai kebutuhan dan anggaran	Misi PC Kantor dan PC *Gaming*, pemasangan kabel, uji nyala, *troubleshooting*	Dua misi terselesaikan dan catatan perbaikan
3	Diagnosis dan transfer ke praktik nyata	Misi *Workstation* dan Mini PC, kuis akhir, lalu praktik di laboratorium	Unjuk kerja perakitan fisik yang dinilai dengan rubrik

> **Catatan penulis.** Sesuaikan dengan tujuan pembelajaran, alur tujuan pembelajaran (ATP), dan alokasi jam pada modul ajar sekolah.

5.3 Peran guru dan diferensiasi

- **Guru sebagai fasilitator dan penilai.** Guru memantau keputusan siswa, mengajukan pertanyaan pemantik (“mengapa komponen ini dipilih?”), dan menilai unjuk kerja.
- **Diferensiasi proses.** Siswa yang belum mantap memakai mode panduan dan contoh rakitan; siswa yang sudah mantap langsung mengerjakan misi dengan batasan lebih ketat.
- **Keselamatan kerja (K3).** Daftar keselamatan pada tab Bantuan dibahas sebelum praktik fisik.

5.4 Keterpaduan dengan kurikulum

Aktivitas ini melatih kompetensi inti perakitan dan diagnosis perangkat komputer serta dimensi Profil Pelajar Pancasila yang relevan, yaitu bernalar kritis (menimbang kompatibilitas dan anggaran), mandiri (belajar berulang tanpa pendampingan terus-menerus), dan kreatif (merancang solusi sesuai kebutuhan). Penulis perlu memetakan secara eksplisit ke capaian pembelajaran dan elemen mata pelajaran produktif yang berlaku di sekolah.

6. Metodologi Evaluasi Empiris

6.1 Desain penelitian

Evaluasi memakai kuasi-eksperimen *nonequivalent control group* dengan pretest dan posttest. Dua kelas paralel pada tingkat yang sama dipilih sebagai kelompok eksperimen (pembelajaran dengan BuildRig, lalu praktik fisik) dan kelompok pembanding (pembelajaran konvensional dengan materi dan jam yang setara, lalu praktik fisik). Bila hanya satu kelas tersedia, alternatifnya adalah penelitian tindakan kelas dua siklus (Kemmis & McTaggart, 1988) dengan refleksi pada setiap siklus.

> **Catatan penulis.** Isi jumlah subjek, tingkat kelas, dan rentang waktu. Contoh: N eksperimen = …, N pembanding = …, kelas …, tiga pertemuan.

6.2 Hipotesis

- **H1:** skor posttest hasil belajar kognitif kelompok eksperimen lebih tinggi daripada kelompok pembanding setelah pretest dikendalikan.
- **H2:** skor unjuk kerja perakitan fisik kelompok eksperimen lebih tinggi daripada kelompok pembanding.
- **H3:** peningkatan *self-efficacy* kelompok eksperimen lebih besar daripada kelompok pembanding.

6.3 Variabel dan instrumen

Tabel 4. Variabel, instrumen, waktu, dan teknik analisis

Variabel	Instrumen	Waktu	Analisis
Hasil belajar kognitif	Tes pilihan ganda terkalibrasi pada tujuan pembelajaran (validasi isi oleh dua ahli), 20–30 butir	Pretest dan posttest	ANCOVA dan N-Gain (Hake, 1998)
Keterampilan perakitan	Rubrik unjuk kerja pada perangkat fisik oleh penilai yang tidak mengetahui kelompok siswa (Lampiran A)	Setelah praktik	Uji t atau Mann–Whitney; kesepakatan antarpenilai (Cohen's kappa)
Self-efficacy	Skala 5 poin mengacu pada Bandura (1997), disusun untuk tugas perakitan (Lampiran B)	Sebelum dan sesudah	ANCOVA
Beban kognitif	Skala usaha mental 9 poin (Paas, 1992)	Setelah sesi simulasi	Deskriptif dan korelasi
Penerimaan teknologi	Persepsi kebergunaan dan kemudahan (Davis, 1989)	Setelah perlakuan	Deskriptif
Usability	*System Usability Scale* (Brooke, 1996)	Setelah perlakuan	Skor 0–100
Perilaku penggunaan	Skor misi, jumlah percobaan uji nyala, kuis (dari catatan siswa atau ekspor)	Selama perlakuan	Deskriptif

6.4 Prosedur

1. Uji coba instrumen pada kelas lain; hitung validitas butir dan reliabilitas (Cronbach's alpha, target 0,70 atau lebih).
2. Pretest dan skala *self-efficacy* awal pada kedua kelompok.
3. Perlakuan tiga pertemuan sesuai Bagian 5.
4. Posttest, skala, SUS, dan penilaian unjuk kerja fisik oleh penilai buta kelompok.
5. Wawancara singkat dengan 6–8 siswa dan guru untuk menjelaskan pola angka.

6.5 Analisis data

- **Uji prasyarat:** normalitas (Shapiro–Wilk) dan homogenitas varians (Levene).
- **Uji utama:** ANCOVA dengan pretest sebagai kovariat; bila asumsi tidak terpenuhi, gunakan uji nonparametrik.
- **Ukuran efek:** Hedges' *g* dengan interpretasi Cohen (1988): 0,2 kecil, 0,5 sedang, 0,8 besar.

- **N-Gain:** kategori tinggi (*g* di atas 0,7), sedang (0,3–0,7), rendah (di bawah 0,3) mengikuti Hake (1998).
- **Data kualitatif:** analisis tematik terhadap catatan wawancara dan refleksi.

6.6 Indikator keberhasilan yang ditetapkan sebelum penelitian

Tabel 5. Indikator keberhasilan

Indikator	Ambang
N-Gain kelompok eksperimen	0,3 atau lebih (kategori sedang)
Siswa mencapai kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran	75% atau lebih
Skor SUS rata-rata	68 atau lebih (di atas rata-rata acuan umum; Sauro, 2011)
Perbedaan posttest terhadap pembanding	Signifikan pada *p* di bawah 0,05 dengan ukuran efek dilaporkan

6.7 Etika dan ancaman validitas

Partisipasi bersifat sukarela dengan persetujuan siswa dan orang tua atau wali, data dianonimkan, dan tidak ada data yang dikirim ke luar perangkat. Ancaman validitas yang diantisipasi adalah efek kebaruan (*novelty effect*), perbedaan awal antarkelas, pengaruh guru, dan efek pengamatan. Pengendaliannya dengan ANCOVA, guru dan materi yang setara, penilai buta kelompok, serta pengamatan beberapa pertemuan.

7. Hasil dan Pembahasan

> **Status data: templat.** Belum ada data penerapan yang disertakan dalam naskah ini. Semua sel bertanda [ ] diisi dari hasil nyata. Klaim efektivitas hanya boleh ditulis setelah tabel di bawah terisi dan dibandingkan dengan indikator pada Bagian 6.6.

7.1 Karakteristik subjek dan kesetaraan awal

Tabel 6. Karakteristik subjek dan kesetaraan awal

Kelompok	N	Rata-rata pretest	Simpangan baku	Uji kesetaraan awal (*p*)
Eksperimen (BuildRig)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Pembanding	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

7.2 Hasil belajar kognitif

Tabel 7. Hasil belajar kognitif

Kelompok	Posttest (rata-rata)	N-Gain	Kategori	Hedges' *g* (95% CI)	*p* (ANCOVA)
Eksperimen	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Pembanding	[ ]	[ ]	[ ]		

7.3 Keterampilan perakitan fisik, self-efficacy, dan pengalaman pengguna

Tabel 8. Keterampilan fisik, self-efficacy, dan pengalaman pengguna

Ukuran	Eksperimen	Pembanding	Perbedaan (95% CI)	*p*
Skor unjuk kerja (rubrik, 0–100)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Waktu merakit fisik (menit)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Jumlah kesalahan pemasangan	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Peningkatan *self-efficacy*	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Skor SUS (0–100)	[ ]	tidak berlaku		
Usaha mental (1–9)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

7.4 Kerangka pembahasan

Pembahasan sebaiknya menjawab pertanyaan berikut secara berurutan, dengan merujuk pada angka di atas.

1. **Apakah hipotesis didukung?** Laporkan arah, besaran, dan ketidakpastian (interval kepercayaan), bukan hanya nilai *p*.
2. **Apakah polanya konsisten dengan teori?** Misalnya, jika beban kognitif lebih rendah dan kesalahan pemasangan fisik berkurang, itu konsisten dengan Bagian 3.1; jika *self-efficacy* naik tanpa kenaikan unjuk kerja, tafsirkan dengan hati-hati.
3. **Fitur mana yang dipakai paling banyak dan paling berkaitan dengan hasil?** Gunakan catatan misi, kuis, dan jumlah percobaan uji nyala.
4. **Apa yang dijelaskan oleh data kualitatif?** Kutip pernyataan siswa dan guru yang menjelaskan angka.
5. **Apa yang perlu diperbaiki?** Turunkan butir revisi dari skor SUS, soal kuis yang sering salah, dan kesulitan yang dilaporkan.
6. **Seberapa jauh temuan dapat digeneralisasi?** Batasi pada konteks, tingkat kelas, dan durasi yang diteliti.

8. Kebermanfaatan, Keberlanjutan, dan Replikasi

BuildRig bermanfaat karena hambatan adopsinya hampir nol: tidak ada lisensi, server, maupun instalasi, dan satu berkas dapat dibagikan ke seluruh kelas. Dampaknya mencakup tiga tingkat pemangku kepentingan.

Tabel 9. Manfaat dan indikator menurut pemangku kepentingan

Pemangku kepentingan	Manfaat	Indikator yang dapat diamati
Siswa	Latihan aman, berulang, dan mandiri; umpan balik seketika	Jumlah percobaan uji nyala, skor misi, peningkatan *self-efficacy*
Guru	Media siap pakai dan sarana asesmen formatif	Waktu persiapan, ketersediaan data kuis dan misi
Sekolah	Risiko kerusakan perangkat praktik lebih rendah	Jumlah komponen rusak per semester [ ]

8.1 Keberlanjutan

- **Pemeliharaan katalog.** Harga dan spesifikasi komponen diperbarui setiap semester agar tetap kontekstual; data tersusun terpisah dari logika sehingga mudah diubah.
- **Teknologi sederhana.** Memakai HTML, CSS, dan JavaScript standar tanpa pustaka eksternal, sehingga tidak bergantung pada layanan pihak ketiga dan tetap dapat dibuka bertahun-tahun ke depan.
- **Rencana pengembangan.** Fitur ekspor rekap skor untuk guru, bank soal tambahan, modul keamanan jaringan, dan versi dwibahasa.

8.2 Replikasi oleh guru lain

1. Unduh berkas dan buka di *browser*; tidak ada instalasi.
2. Sesuaikan katalog komponen dan harga dengan kondisi pasar setempat.
3. Pakai sintaks pada Bagian 5 dan instrumen pada Lampiran.
4. Bagikan praktik dan data melalui forum musyawarah guru mata pelajaran (MGMP) atau komunitas praktisi.
5. Laporkan hasil dan usulan perbaikan agar media berkembang bersama.

9. Keterbatasan

Penyajian keterbatasan secara terbuka memperkuat kredibilitas inovasi dan memberi arah perbaikan.

- **Tidak menggantikan sentuhan fisik.** Simulasi tidak melatih rasa tekanan saat memasang RAM, torsi sekrup, atau penanganan kabel kecil. Karena itu praktik fisik tetap menjadi tahap wajib (Bagian 5.1, langkah 6).
- **Model yang disederhanakan.** Skor kinerja, estimasi daya, suhu, dan FPS memakai aturan heuristik untuk tujuan belajar, bukan hasil *benchmark* nyata. Harga dan spesifikasi hanyalah estimasi pada November 2026 dan akan berubah.

- **Cakupan komponen terbatas.** Katalog memuat dua sampai empat pilihan per kategori; variasi di pasar jauh lebih luas.
- **Data tersimpan per *browser*.** Kemajuan siswa tidak otomatis terkumpul pada guru, sehingga rekap skor dilakukan manual lewat tangkapan layar atau lembar spesifikasi.
- **Bukti empiris belum tersedia.** Efektivitas baru dapat dinyatakan setelah protokol pada Bagian 6 dijalankan. Temuan dari bidang lain (misalnya Cook dkk., 2011) bersifat pendukung, bukan bukti untuk konteks ini.
- **Risiko metodologis.** Efek kebaruan, ukuran sampel kecil, dan desain kuasi-eksperimen membatasi inferensi kausal; hasil sebaiknya dibaca bersama ukuran efek dan interval kepercayaan.

10. Simpulan dan Rekomendasi

10.1 Simpulan

BuildRig merupakan rancangan media simulasi yang memadukan landasan teori beban kognitif, pembelajaran multimedia, dan pembelajaran berbasis pengalaman dengan kebutuhan nyata pembelajaran perakitan komputer di SMK. Rancangannya mudah direplikasi karena berjalan *offline* dalam satu berkas, dan fitur utamanya (validasi kompatibilitas, uji nyala, simulasi kabel, misi berkriteria) menyediakan latihan pengambilan keputusan dengan umpan balik seketika. Pengaruhnya terhadap hasil belajar, keterampilan, dan *self-efficacy* dirumuskan sebagai hipotesis yang dapat diuji melalui protokol pada Bagian 6, bukan sebagai kesimpulan yang sudah terbukti.

10.2 Rekomendasi

- **Bagi guru:** gunakan BuildRig sebagai tahap persiapan sebelum praktik fisik, bukan penggantinya, dan manfaatkan lembar spesifikasi sebagai bukti kerja.
- **Bagi sekolah:** sediakan waktu pendampingan dan dukung kolaborasi MGMP untuk memperbarui katalog dan bank soal.
- **Bagi peneliti:** replikasi evaluasi pada beberapa sekolah dan tingkat kelas, ukur retensi jangka panjang, dan bandingkan dengan media simulasi lain.
- **Bagi pengembang:** tambahkan rekap skor untuk guru dan lanjutkan perbaikan berdasarkan data *usability*.

Daftar Pustaka

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.

Billett, S. (2001). *Learning in the workplace: Strategies for effective practice*. Allen & Unwin.

Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. Dalam P. W. Jordan dkk. (Ed.), *Usability evaluation in industry* (hlm. 189–194). Taylor & Francis.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (edisi ke-2). Lawrence Erlbaum.

Cook, D. A., Hatala, R., Brydges, R., Zendejas, B., Szostek, J. H., Wang, A. T., Erwin, P. J., & Hamstra, S. J. (2011). Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA, 306*(9), 978–988.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly, 13*(3), 319–340.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research, 77*(1), 81–112.

Kapur, M. (2008). Productive failure. *Cognition and Instruction, 26*(3), 379–424.

Keith, N., & Frese, M. (2008). Effectiveness of error management training: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology, 93*(1), 59–69.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The action research planner* (edisi ke-3). Deakin University Press.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (edisi ke-2). Cambridge University Press.

Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development, 50*(3), 43–59.

Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology, 84*(4), 429–434.

Sauro, J. (2011). *A practical guide to the System Usability Scale*. CreateSpace.

Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology, 64*(2), 489–528.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science, 12*(2), 257–285.

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review, 10*(3), 251–296.

> **Catatan.** Daftar disusun dari pengetahuan penulis. Periksa kembali halaman, edisi, dan DOI pada sumber asli sebelum naskah diserahkan. Tambahkan juga dokumen kurikulum yang berlaku di sekolah (capaian pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran mata pelajaran produktif).

Lampiran A. Rubrik Unjuk Kerja Perakitan Fisik

Skor 1 (belum tampak) sampai 4 (sangat baik). Dua penilai menilai secara independen tanpa mengetahui kelompok siswa.

Aspek	Kriteria skor 4	Skor
Keselamatan kerja	Mematikan dan mencabut daya, membuang listrik statis, memegang komponen di tepi tanpa diingatkan	[ ]
Pemasangan CPU dan pendingin	Menyejajarkan penanda, memasang tanpa menekan, mengoles pasta termal tipis, menyambung kabel kipas	[ ]
Pemasangan RAM dan penyimpanan	Memasang sampai klip terkunci, arah dan slot tepat	[ ]
Pemasangan kabel daya	Menyambung kabel 24-pin, CPU, dan kartu grafis dengan benar	[ ]
Uji nyala dan diagnosis	Menyalakan, membaca gejala, dan menemukan penyebab bila gagal	[ ]
Kerapian dan alur udara	Kabel tertata dan tidak menghalangi kipas	[ ]
Efisiensi waktu	Selesai dalam waktu yang ditetapkan tanpa bantuan	[ ]

Lampiran B. Contoh Butir Skala Self-Efficacy

Petunjuk: nilai keyakinan Anda saat ini dari 1 (sangat tidak yakin) sampai 5 (sangat yakin). Naskah ini hanya memberi contoh; butir final perlu divalidasi oleh ahli dan diuji reliabilitasnya.

1. Saya yakin dapat memilih *motherboard*, CPU, dan RAM yang saling cocok.
2. Saya yakin dapat memasang CPU dan pendingin dengan benar.
3. Saya yakin dapat menghitung kebutuhan daya dan memilih PSU yang sesuai.
4. Saya yakin dapat menyambung kabel daya dan data ke komponen yang tepat.
5. Saya yakin dapat menemukan penyebab ketika PC tidak menyala.
6. Saya yakin dapat merakit PC sesuai kebutuhan dan anggaran tertentu.