

Pengaruh Model *Project Based Learning* Berbasis QR Code terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Teknik Kendaraan Ringan di SMKN 8 Padang

Ramadhan Putra¹, Wagino^{1*} Nuzul Hidayat¹, Ahmad Arif¹

¹Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

*e-mail: wagino@ft.unp.ac.id

(Diajukan: 16 Juli 2025, direvisi: 20 Juli 2025, disetujui: 30 Juli 2025, dipublikasikan: 30 Agustus 2025)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh paket pembelajaran berbasis *Project Based Learning* (PjBL) yang dipadukan dengan QR Code terhadap peningkatan hasil belajar kognitif siswa pada materi Sistem Rem. Penelitian menerapkan desain kuasi-eksperimen dengan kelompok kontrol nonekuivalen melalui pre-test dan post-test. Populasi terdiri atas 94 siswa kelas XI Teknik Kendaraan Ringan, sedangkan analisis melibatkan 64 siswa, masing-masing 32 siswa pada kelompok kontrol dan 32 siswa pada kelompok eksperimen. Sebanyak 30 siswa lainnya digunakan untuk uji coba instrumen. Dari 20 soal yang diuji, 14 dinyatakan valid dengan reliabilitas Cronbach's Alpha sebesar 0,720. Hasil menunjukkan kemampuan awal kedua kelompok tidak berbeda signifikan ($p=0,269$). Nilai rata-rata kelompok kontrol meningkat dari 38,62 menjadi 61,38 ($N\text{-Gain}$ 0,365), sedangkan kelompok eksperimen naik dari 42,63 menjadi 83,26 ($N\text{-Gain}$ 0,711). Uji Mann-Whitney menunjukkan peningkatan kelompok eksperimen lebih tinggi secara signifikan ($p<0,001$; $r=0,772$). Ketuntasan belajar mencapai 84,4% pada kelompok eksperimen dan membuktikan bahwa paket PjBL berbasis QR Code efektif meningkatkan hasil belajar kognitif siswa dengan ukuran efek besar.

Kata Kunci: *Project Based Learning, QR Code, hasil belajar kognitif, Sistem Rem, N-Gain.*

Abstract

This study examined the effectiveness of a QR Code-integrated Project-Based Learning (PjBL) instructional package in improving students' cognitive achievement on the Braking System topic. A quasi-experimental nonequivalent control-group design employing pre-test and post-test measures was implemented. The population consisted of 94 Grade XI Light Vehicle Engineering students, while 64 students participated in the main analysis, with 32 assigned to the control group and 32 to the experimental group. Another 30 students were involved only in instrument validation. Among 20 test items, 14 met the validity criteria, and the instrument demonstrated acceptable reliability (Cronbach's alpha = 0.720). Initial ability did not differ significantly between groups ($p = 0.269$). The control group's average score increased from 38.62 to 61.38 ($N\text{-Gain} = 0.365$), whereas the experimental group's average rose from 42.63 to 83.26 ($N\text{-Gain} = 0.711$). Statistical analysis confirmed significantly greater improvement in the experimental group ($p < 0.001$; $r = 0.772$). Overall, the QR Code-based PjBL package effectively enhanced cognitive learning outcomes with a large educational effect.

Keywords: *Project-Based Learning, QR Code, cognitive learning outcomes, Braking System, N-Gain.*

PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), diarahkan untuk menyiapkan lulusan yang memiliki kompetensi teknis, kemampuan memecahkan masalah, berkolaborasi, dan beradaptasi dengan kebutuhan kerja. Badan Pusat Statistik melaporkan bahwa Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) tamatan SMK pada Agustus 2024 sebesar 9,01%, tertinggi dibandingkan dengan jenjang pendidikan lainnya [1]. Data tersebut menegaskan perlunya penguatan kompetensi lulusan melalui pengalaman belajar yang menghubungkan konsep teknis dengan pemecahan masalah kerja. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran aktif berbasis proyek pada pendidikan vokasi dapat mendukung kompetensi, kreativitas, berpikir kritis, dan kesiapan kerja siswa [2]–[4].

Project Based Learning (PjBL) merupakan model pembelajaran aktif yang menempatkan siswa sebagai perencana, pelaksana, dan penyaji hasil proyek. Model ini relevan bagi pendidikan kejuruan karena aktivitas belajar dapat disusun menyerupai proses kerja nyata serta mendorong hasil belajar, kemandirian, dan kemampuan berpikir tingkat tinggi [5]–[7]. Pelaksanaan PjBL dapat diperkuat melalui QR Code yang menghubungkan lembar kerja dengan modul digital, gambar komponen, video demonstrasi, petunjuk keselamatan kerja, dan pertanyaan formatif. Penelitian di lingkungan pendidikan vokasi dan otomotif menunjukkan bahwa QR Code dapat mempercepat akses siswa terhadap sumber belajar serta mendukung kompetensi dan kemandirian belajar [8]–[11].

Observasi awal di SMKN 8 Padang pada 7-16 Oktober 2025 menunjukkan bahwa pembelajaran Sistem Rem pada kelas XI Teknik Kendaraan Ringan masih didominasi ceramah, tanya jawab terbatas, dan media dua dimensi. Keterbatasan alat peraga juga menyebabkan kesempatan siswa untuk mengeksplorasi materi secara mandiri belum merata. Berdasarkan nilai rapor Semester I, 19 dari 94 siswa (20,2%) memperoleh nilai di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Data tersebut berbeda dari hasil pre-test penelitian. Nilai rapor merupakan akumulasi penilaian Semester I, sedangkan pre-test diberikan pada awal penelitian khusus untuk materi Sistem Rem dengan instrumen 14 butir valid dan hanya melibatkan 64 siswa kelompok kontrol serta eksperimen. Pada pre-test, 3 dari 64 siswa mencapai KKM, sedangkan 61 siswa belum mencapai KKM. Sebanyak 30 siswa XI TKR 1 tidak dimasukkan dalam data hasil belajar karena hanya digunakan untuk uji coba instrumen. Dengan demikian, data nilai rapor dan pre-test berasal dari waktu, instrumen, materi, serta tujuan pengukuran yang berbeda dan tidak dapat dibandingkan secara langsung.

Kajian penelitian terdahulu menunjukkan empat kecenderungan. Pertama, penerapan PjBL pada pembelajaran otomotif dapat meningkatkan hasil belajar dan keaktifan siswa [12], [13]. Kedua, QR Code telah digunakan sebagai penghubung media digital pada trainer, video pembelajaran, Sistem Pemindah Tenaga, dan simulator Electronic Fuel Injection [8]–[11]. Ketiga, salah satu penelitian pada materi Sistem Rem berfokus pada pengembangan media alat peraga dan minat belajar siswa [14]. Keempat, media pembelajaran otomotif dan modul interaktif dilaporkan berkaitan dengan peningkatan hasil belajar kognitif [15], [16], sedangkan PjBL secara lebih luas berkontribusi terhadap kemampuan berpikir kritis dan kreatif [17]. Berdasarkan literatur yang ditelaah, belum ditemukan pengujian langsung paket PjBL berbasis QR Code pada

materi Sistem Rem melalui desain kelompok kontrol pre-test-post-test dengan perbandingan peningkatan antarkelompok. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi tahapan proyek pemeriksaan dan diagnosis Sistem Rem dengan sumber belajar QR Code, kemudian pengaruhnya diuji melalui perbandingan N-Gain kelompok eksperimen dan kontrol.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan: (1) menguji kesetaraan kemampuan awal kelompok eksperimen dan kontrol; (2) mendeskripsikan perubahan hasil belajar dan ketuntasan pada masing-masing kelompok; dan (3) menguji apakah peningkatan hasil belajar kelompok yang mengikuti model PjBL berbasis QR Code lebih tinggi daripada kelompok yang mengikuti pembelajaran konvensional. PjBL dan QR Code diperlakukan sebagai satu paket intervensi, sehingga penelitian ini tidak mengestimasi kontribusi masing-masing komponen secara terpisah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen pre-test-post-test nonequivalent control group. Desain kuasi-eksperimen digunakan ketika randomisasi individual tidak memungkinkan, tetapi peneliti tetap membandingkan kelompok perlakuan dan kelompok pembandingan [18]. Pemilihan kelas dilakukan secara purposive karena peneliti menggunakan kelompok belajar yang telah terbentuk dan tidak melakukan randomisasi individual. Kelompok eksperimen memperoleh paket pembelajaran model PjBL berbasis QR Code, sedangkan kelompok kontrol memperoleh pembelajaran konvensional pada materi, alokasi waktu, dan capaian pembelajaran yang sama. Tabel 1 menunjukkan desain penelitian yang digunakan.

Tabel 1. Desain Penelitian

Kelompok	Pre-test	Perlakuan	Post-test
Eksperimen (XI TKR 3)	O ₁	X	O ₂
Kontrol (XI TKR 2)	O ₃	C	O ₄

Keterangan: O₁ dan O₃ = pre-test; O₂ dan O₄ = post-test; X = PjBL berbasis QR Code; C = pembelajaran konvensional.

Dari Tabel 2, populasi penelitian terdiri atas 94 siswa kelas XI TKR SMKN 8 Padang tahun ajaran 2025/2026. Kelas XI TKR 1 berjumlah 30 siswa digunakan secara khusus sebagai kelompok uji coba instrumen. Data kelas tersebut dipisahkan dari data penelitian utama dan tidak digunakan untuk menghitung efektivitas perlakuan. Sampel penelitian utama berjumlah 64 siswa, terdiri atas XI TKR 2 sebagai kelompok kontrol (n=32) dan XI TKR 3 sebagai kelompok eksperimen (n=32). Penetapan kelas dilakukan melalui purposive sampling dengan mempertimbangkan jumlah siswa, karakteristik akademik, dan rekomendasi guru mata pelajaran.

Tabel 2. Kedudukan Setiap Kelas dalam Penelitian

Kelas	Jumlah siswa	Fungsi	Masuk analisis efektivitas
XI TKR 1	30	Uji coba instrumen	Tidak
XI TKR 2	32	Kelompok kontrol	Ya
XI TKR 3	32	Kelompok eksperimen	Ya
Total sampel utama	94	Eksperimen dan kontrol	Ya

Penelitian dilaksanakan di SMKN 8 Padang dalam rentang 7 Mei sampai 22 Juni 2026. Rangkaian intervensi disusun dalam empat pertemuan inti, masing-masing 3 × 45

menit, di luar waktu pelaksanaan pre-test dan post-test. Materi, capaian pembelajaran, alokasi waktu, dan guru pengampu disetarakan pada kedua kelompok. Pre-test diberikan sebelum intervensi, sedangkan post-test diberikan setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai.

Pada kelompok eksperimen, pembelajaran dilaksanakan mengikuti tahapan PjBL yang meliputi penentuan pertanyaan mendasar, perencanaan proyek, penyusunan jadwal, pelaksanaan dan pemantauan proyek, pengujian serta presentasi hasil, dan refleksi. Tahapan tersebut selaras dengan karakteristik PjBL yang menekankan masalah autentik, perencanaan, kolaborasi, pelaksanaan, pemantauan, presentasi, dan evaluasi hasil proyek [5]–[7]. Siswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan proyek pemeriksaan dan diagnosis Sistem Rem kendaraan ringan. Kegiatan proyek mencakup identifikasi komponen dan fungsi, pemeriksaan visual terhadap kebocoran dan kondisi komponen, pengukuran atau pengecekan bagian yang dapat diperiksa sesuai fasilitas sekolah, analisis gejala kerusakan, pengisian lembar kerja, penyusunan laporan diagnosis, serta presentasi hasil. Produk proyek berupa lembar hasil pemeriksaan dan laporan diagnosis kelompok. QR Code yang ditempatkan pada lembar kerja digunakan untuk mengakses modul digital, gambar komponen, video prosedur pemeriksaan, petunjuk keselamatan kerja, langkah diagnosis, dan pertanyaan formatif. Materi digital diakses menggunakan telepon pintar siswa; apabila terdapat keterbatasan perangkat, akses dilakukan secara berkelompok. Guru berperan sebagai fasilitator yang memberikan pengarahan keselamatan kerja, memantau kemajuan proyek, mengklarifikasi konsep, dan memberikan umpan balik.

Pada kelompok kontrol, guru menyampaikan materi Sistem Rem melalui penjelasan langsung, tanya jawab, demonstrasi, dan latihan tertulis yang biasa digunakan di sekolah. Siswa mempelajari konsep, komponen, prinsip kerja, gangguan, dan prosedur pemeriksaan berdasarkan penjelasan guru serta bahan ajar cetak. Kelompok kontrol tidak memperoleh penugasan proyek terstruktur dan tidak mengakses bahan pembelajaran melalui QR Code. Materi, tujuan pembelajaran, durasi, guru pengampu, dan instrumen tes disetarakan agar perbedaan peningkatan hasil belajar lebih dapat dikaitkan dengan paket intervensi.

Instrumen utama berupa tes hasil belajar kognitif berbentuk pilihan ganda sebanyak 20 butir. Uji coba instrumen dilakukan hanya pada XI TKR 1 ($n=30$). Analisis butir meliputi validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda sebagai dasar penetapan instrumen final [19]. Validitas dihitung menggunakan korelasi Pearson antara skor setiap butir dan skor total. Pada taraf signifikansi 5% dengan $df=28$, r -tabel yang digunakan adalah 0,361. Sebanyak 14 butir memiliki r -hitung di atas 0,361, yaitu butir 1, 2, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, dan 19; enam butir lainnya, yaitu 3, 5, 9, 10, 14, dan 20, dieliminasi. Indeks tingkat kesukaran dihitung dari proporsi siswa yang menjawab benar. Daya pembeda dihitung dengan membandingkan proporsi jawaban benar kelompok atas dan kelompok bawah. Berdasarkan pengurutan skor total, masing-masing kelompok terdiri atas 27% peserta uji coba atau delapan siswa. Reliabilitas 14 butir final dihitung menggunakan koefisien alpha Cronbach. Pre-test dan post-test menggunakan perangkat butir final yang sama, sedangkan skor dikonversi ke skala 0-100 berdasarkan jumlah jawaban benar dari 14 butir. Dengan cara ini, data uji coba instrumen dipisahkan sepenuhnya dari data penelitian utama.

Data utama berupa skor pre-test dan post-test kelompok eksperimen dan kontrol. Skor N-Gain dihitung untuk setiap siswa menggunakan rumus $g = (\text{post-test} - \text{pre-test}) / (100 - \text{pre-test})$, kemudian dirata-ratakan pada masing-masing kelompok. Kategori N-Gain ditetapkan secara konsisten, yaitu tinggi apabila $g \geq 0,70$, sedang apabila $0,30 \leq g < 0,70$, dan rendah apabila $g < 0,30$ [20]. Ketuntasan individual ditentukan berdasarkan KKM 75. Dalam penelitian ini, ketuntasan klasikal ditetapkan secara operasional apabila sekurang-kurangnya 85% siswa dalam satu kelompok memperoleh skor minimal 75.

Analisis inferensial dilakukan pada sampel utama sebanyak 64 siswa. Normalitas diperiksa menggunakan uji Shapiro-Wilk pada setiap kelompok. Kesetaraan kemampuan awal diuji dengan Mann-Whitney U terhadap skor pre-test. Perubahan skor di dalam masing-masing kelompok dianalisis menggunakan Wilcoxon Signed-Rank. Pengaruh utama intervensi ditentukan melalui perbandingan N-Gain kelompok eksperimen dan kontrol menggunakan Mann-Whitney U karena setidaknya satu distribusi N-Gain tidak normal. Uji Wilcoxon hanya digunakan untuk menunjukkan perubahan dalam kelompok, sedangkan kesimpulan mengenai keunggulan perlakuan didasarkan pada perbandingan antarkelompok. Ukuran efek dihitung, dengan interpretasi kecil (0,10), sedang (0,30), dan besar ($\geq 0,50$) [21]. Uji homogenitas Levene tidak digunakan sebagai prasyarat Wilcoxon atau Mann-Whitney karena kedua uji tersebut bersifat nonparametrik.

Penelitian memperoleh izin institusional dari Dinas Pendidikan Provinsi Sumatera Barat melalui Surat Nomor 000.9/3849/PSMK/DISDIK-2026 tanggal 19 Mei 2026, sebagai tindak lanjut atas Surat Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang Nomor 1740/UN35.2.1/LT/2026 tanggal 7 Mei 2026. Izin tersebut menetapkan SMKN 8 Padang sebagai lokasi penelitian dengan waktu pelaksanaan 7 Mei sampai 22 Juni 2026. Sesuai ketentuan izin, pelaksanaan penelitian dikoordinasikan dengan pihak sekolah dan tidak boleh membebani guru maupun sekolah. Identitas siswa disamarkan menggunakan kode, data dianalisis secara agregat, dan seluruh kegiatan pembelajaran dilaksanakan tanpa mengurangi hak siswa untuk memperoleh materi, kesempatan belajar, dan penilaian yang setara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelayakan Instrumen

Uji kelayakan instrumen didasarkan pada respons 30 siswa XI TKR 1. Dengan r -tabel 0,361, sebanyak 14 dari 20 butir dinyatakan valid. Nilai r -hitung butir yang dipertahankan berada pada rentang 0,377-0,543. Enam butir yang tidak memenuhi kriteria, yaitu butir 3, 5, 9, 10, 14, dan 20, dikeluarkan sebelum skor kelompok eksperimen dan kontrol dihitung. Reliabilitas 14 butir final menghasilkan alpha Cronbach sebesar 0,720, sehingga instrumen dinilai reliabel. Indeks kesukaran butir final berada pada rentang 0,500-0,667 dan seluruhnya termasuk kategori sedang. Daya pembeda 14 butir final berada pada rentang 0,375-0,750, terdiri atas tiga butir berkategori cukup, sembilan butir berkategori baik, dan dua butir berkategori sangat baik. Tidak terdapat butir final dengan daya pembeda negatif atau berkategori jelek. Hasil lengkap setiap butir disajikan pada Tabel 3. Analisis tingkat kesukaran dan daya pembeda dilakukan pada data uji coba sebelum perlakuan; perubahan proporsi jawaban benar pada post-test tidak ditafsirkan sebagai perubahan karakteristik instrumen.

Tabel 3. Ringkasan Analisis Butir Instrumen

No. butir	r-hitung	r-tabel	Status	Tingkat kesukaran	Daya pembeda
1	0,403	0,361	Valid	0,533 (Sedang)	0,625 (Baik)
2	0,419	0,361	Valid	0,500 (Sedang)	0,375 (Cukup)
3	0,112	0,361	Tidak valid	0,467 (Sedang)	0,250 (Cukup)
4	0,480	0,361	Valid	0,533 (Sedang)	0,375 (Cukup)
5	0,178	0,361	Tidak valid	0,567 (Sedang)	0,250 (Cukup)
6	0,377	0,361	Valid	0,600 (Sedang)	0,375 (Cukup)
7	0,377	0,361	Valid	0,667 (Sedang)	0,500 (Baik)
8	0,419	0,361	Valid	0,500 (Sedang)	0,500 (Baik)
9	-0,050	0,361	Tidak valid	0,367 (Sedang)	-0,125 (Negatif)
10	0,245	0,361	Tidak valid	0,400 (Sedang)	0,375 (Cukup)
11	0,476	0,361	Valid	0,500 (Sedang)	0,500 (Baik)
12	0,377	0,361	Valid	0,667 (Sedang)	0,500 (Baik)
13	0,466	0,361	Valid	0,567 (Sedang)	0,500 (Baik)
14	0,246	0,361	Tidak valid	0,467 (Sedang)	0,125 (Jelek)
15	0,499	0,361	Valid	0,533 (Sedang)	0,500 (Baik)
16	0,386	0,361	Valid	0,633 (Sedang)	0,500 (Baik)
17	0,486	0,361	Valid	0,567 (Sedang)	0,750 (Sangat baik)
18	0,543	0,361	Valid	0,567 (Sedang)	0,750 (Sangat baik)
19	0,381	0,361	Valid	0,500 (Sedang)	0,500 (Baik)
20	0,300	0,361	Tidak valid	0,733 (Mudah)	0,375 (Cukup)

Keterangan: r-hitung diperoleh dari korelasi skor butir dengan skor total pada 30 siswa XI TKR 1 butir dinyatakan valid apabila $r\text{-hitung} > 0,361$. Indeks kesukaran merupakan proporsi jawaban benar. Daya pembeda dihitung dari selisih proporsi jawaban benar kelompok atas dan kelompok bawah, masing-masing delapan siswa (27% dari peserta uji coba). Keputusan penggunaan instrumen final tetap mensyaratkan validitas butir; karena itu, butir yang tidak valid dieliminasi walaupun sebagian memiliki daya pembeda cukup.

Deskripsi Hasil Belajar per Kelompok

Analisis pengaruh hanya menggunakan 64 siswa dari kelompok kontrol dan eksperimen. Skor dihitung berdasarkan 14 butir valid. Dari Tabel 4, rata-rata kelompok kontrol meningkat 22,77 poin, dari 38,62 pada pre-test menjadi 61,38 pada post-test. Rata-rata kelompok eksperimen meningkat 40,63 poin, dari 42,63 menjadi 83,26. Rata-rata N-Gain kelompok kontrol sebesar 0,365 termasuk kategori sedang, sedangkan kelompok eksperimen sebesar 0,711 termasuk kategori tinggi. Ketuntasan post-test mencapai 4 dari 32 siswa (12,5%) pada kelompok kontrol dan 27 dari 32 siswa (84,4%) pada kelompok eksperimen.

Tabel 4. Statistik Deskriptif Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Kelompok	N	Pre-test Mean ± SD	Post-test Mean ± SD	Gain Mean ± SD	N-Gain Mean ± SD	Ketuntasan post- test
Kontrol (XI TKR 2)	32	38,62 ± 14,83	61,38 ± 13,44	22,77 ± 11,68	0,365 ± 0,168 (Sedang)	4 (12,5%)
Eksperimen (XI TKR 3)	32	42,63 ± 18,10	83,26 ± 10,20	40,63 ± 14,56	0,711 ± 0,137 (Tinggi)	27 (84,4%)

Kesetaraan Kemampuan Awal dan Uji Pengaruh

Uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa skor post-test kelompok eksperimen ($p=0,003$) dan N-Gain kelompok kontrol ($p=0,003$) tidak berdistribusi normal, sehingga analisis utama dilakukan dengan statistik nonparametrik. Kesetaraan kemampuan awal ditentukan melalui perbandingan skor pre-test kedua kelompok. Uji Wilcoxon digunakan sebagai analisis pendukung untuk melihat perubahan dalam masing-masing kelompok, sedangkan bukti utama pengaruh perlakuan diperoleh dari perbandingan N-Gain antara kelompok eksperimen dan kontrol.

Pada pre-test, ketuntasan belajar kedua kelompok masih rendah, terlihat pada [Tabel 5](#). Kelompok kontrol memiliki 1 dari 32 siswa (3,1%) yang mencapai KKM, sedangkan kelompok eksperimen memiliki 2 dari 32 siswa (6,3%). Setelah pembelajaran, ketuntasan kelompok kontrol meningkat menjadi 4 siswa (12,5%), sedangkan kelompok eksperimen meningkat menjadi 27 siswa (84,4%).

Tabel 5. Ketuntasan Belajar per Kelompok

Kelompok	Ketuntasan pre-test	Ketuntasan post-test
Kontrol	1/32 siswa (3,1%)	4/32 siswa (12,5%)
Eksperimen	2/32 siswa (6,3%)	27/32 siswa (84,4%)

Dengan target ketuntasan klasikal 85%, kelompok kontrol belum memenuhi target. Kelompok eksperimen juga belum memenuhi target secara formal karena capaian 84,4% masih lebih rendah 0,6 poin persentase dari kriteria; satu tambahan siswa yang tuntas akan menghasilkan ketuntasan 87,5%. Meskipun demikian, peningkatan ketuntasan kelompok eksperimen jauh lebih besar daripada kelompok kontrol.

Uji Mann-Whitney, pada [Tabel 6](#), terhadap skor pre-test menghasilkan $U=430,000$; $Z=-1,105$; dan $p=0,269$. Karena $p>0,05$, tidak terdapat perbedaan kemampuan awal yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol, sehingga kedua kelompok sebanding secara statistik pada awal penelitian. Uji Wilcoxon menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok kontrol ($Z=-4,710$; $p<0,001$; $r=0,833$) dan kelompok eksperimen ($Z=-4,942$; $p<0,001$; $r=0,874$). Namun, peningkatan dalam masing-masing kelompok belum dengan sendirinya membuktikan keunggulan intervensi. Perbandingan N-Gain menggunakan Mann-Whitney menghasilkan $U=52,000$; $Z=-6,176$; $p<0,001$; dan $r=0,772$.

Tabel 6. Ringkasan Uji Inferensial dan Ukuran Efek

Tujuan analisis	Perbandingan	Uji	Statistik	p	Effect size	Keputusan
Kesetaraan awal	Pre-test eksperimen vs kontrol	Mann-Whitney U	$U=430,000$; $Z=-1,105$	0,269	$r=0,138$ (kecil)	Tidak terdapat perbedaan signifikan; kemampuan awal sebanding secara statistik
Perubahan kontrol	Pre-test vs post-test kontrol	Wilcoxon	$Z=-4,710$	$<0,001$	$r=0,833$ (besar)	Meningkat signifikan
Perubahan eksperimen	Pre-test vs post-test eksperimen	Wilcoxon	$Z=-4,942$	$<0,001$	$r=0,874$ (besar)	Meningkat signifikan
Pengaruh utama	N-Gain eksperimen vs kontrol	Mann-Whitney U	$U=52,000$; $Z=-6,176$	$<0,001$	$r=0,772$ (besar)	Peningkatan kelompok eksperimen lebih tinggi secara signifikan

Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar kelompok eksperimen secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok kontrol dengan ukuran efek besar.

Pembahasan

Secara deskriptif, kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan yang lebih besar daripada kelompok kontrol. Selisih rata-rata gain kedua kelompok mencapai 17,86 poin, sedangkan selisih rata-rata N-Gain mencapai 0,346. Temuan inferensial memperkuat pola tersebut: kemampuan awal kedua kelompok sebanding, tetapi N-Gain kelompok eksperimen secara signifikan lebih tinggi dengan ukuran efek besar. Dengan demikian, interpretasi pengaruh tidak hanya didasarkan pada perbedaan pre-test dan post-test di dalam satu kelompok, tetapi pada perbandingan langsung antara kelompok yang memperoleh paket PjBL berbasis QR Code dan kelompok yang memperoleh pembelajaran konvensional.

Peningkatan yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen dapat dijelaskan melalui aktivitas proyek yang menuntut siswa menghubungkan konsep dengan masalah pemeriksaan kendaraan. Siswa tidak hanya menerima penjelasan tentang komponen dan prinsip kerja Sistem Rem, tetapi merencanakan pemeriksaan, mengidentifikasi kondisi komponen, menganalisis gejala kerusakan, menyusun laporan diagnosis, dan mempertanggungjawabkan hasil melalui presentasi. Rangkaian tersebut memberi kesempatan untuk melakukan elaborasi konsep, berdiskusi, mengambil keputusan, dan menerima umpan balik selama proses proyek. Temuan ini sejalan dengan penelitian PjBL pada pendidikan otomotif yang melaporkan peningkatan hasil belajar dan keaktifan siswa [12], [13], serta kajian yang menghubungkan PjBL dengan kompetensi, kemandirian, kreativitas, berpikir kritis, dan hasil belajar [2]–[7], [17].

QR Code digunakan pada beberapa tahapan proyek, bukan hanya sebagai tautan tambahan. Pada tahap perencanaan, siswa mengakses gambar komponen, tujuan pemeriksaan, dan petunjuk keselamatan kerja. Pada tahap pelaksanaan, video demonstrasi dan langkah diagnosis digunakan untuk meninjau kembali urutan pemeriksaan, mengenali kebocoran, membedakan kondisi komponen, dan menelusuri kemungkinan gangguan. Pada tahap pengujian dan refleksi, pertanyaan formatif membantu siswa memeriksa kembali alasan diagnosis. Dukungan tersebut paling relevan untuk pemahaman konsep komponen dan prinsip kerja, urutan prosedural pemeriksaan, serta penerapan konsep pada kasus gangguan Sistem Rem. Penafsiran ini konsisten dengan penelitian QR Code dan media digital pada pembelajaran vokasi serta otomotif [8]–[11], [15], [16], dan dengan penelitian media Sistem Rem yang menunjukkan pentingnya visualisasi komponen dalam pembelajaran [14]. Namun, karena penelitian ini tidak melakukan analisis butir menurut subranah kognitif, bagian konsep, prosedur, atau aplikasi yang mengalami peningkatan paling besar tidak dapat ditentukan secara terpisah.

Kelompok kontrol juga mengalami peningkatan rata-rata sebesar 22,77 poin dan N-Gain 0,365. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pembelajaran reguler melalui penjelasan guru, demonstrasi, tanya jawab, dan latihan tertulis tetap memberi kontribusi terhadap pemahaman siswa. Selain itu, pemberian pre-test dapat membuat siswa lebih mengenali ruang lingkup materi yang akan dipelajari, sedangkan penggunaan perangkat butir yang sama pada post-test berpotensi menimbulkan efek pengenalan soal. Oleh karena itu, peningkatan kelompok eksperimen tidak boleh disimpulkan hanya dari uji Wilcoxon dalam kelompok; bukti yang lebih relevan adalah perbedaan N-Gain antara kelompok eksperimen dan kontrol.

Ditinjau dari ketuntasan, 27 dari 32 siswa kelompok eksperimen mencapai KKM, tetapi persentase 84,4% masih sedikit di bawah target klasikal 85%. Lima siswa belum mencapai KKM setelah intervensi. Kondisi tersebut mungkin berkaitan dengan variasi kemampuan awal, keterbatasan waktu intervensi yang hanya empat pertemuan inti, penggunaan perangkat secara berkelompok ketika telepon pintar tidak tersedia bagi setiap siswa, atau kesulitan menerapkan konsep pada diagnosis gangguan. Penelitian tidak mengumpulkan data proses individual yang cukup untuk menguji faktor-faktor tersebut, sehingga penjelasan tersebut perlu dipahami sebagai kemungkinan yang memerlukan penelitian lanjutan, bukan sebagai temuan kausal.

Perbandingan N-Gain yang signifikan dengan ukuran efek besar mendukung kesimpulan bahwa paket PjBL berbasis QR Code menghasilkan peningkatan yang lebih tinggi daripada pembelajaran konvensional pada konteks penelitian ini. Walaupun demikian, kelas tidak ditentukan melalui randomisasi individual sehingga pengaruh variabel luar tidak dapat dihilangkan sepenuhnya [18]. Selain itu, desain penelitian tidak menyediakan kelompok PjBL tanpa QR Code atau kelompok QR Code tanpa PjBL. Karena itu, hasil penelitian harus ditafsirkan sebagai pengaruh paket intervensi gabungan dan tidak dapat digunakan untuk menentukan besarnya kontribusi PjBL atau QR Code secara terpisah.

Keterbatasan penelitian lainnya adalah sampel berasal dari satu sekolah, hasil yang diukur hanya ranah kognitif, dan instrumen pre-test serta post-test menggunakan perangkat butir yang sama. Penelitian juga belum mengukur keterlaksanaan setiap tahap proyek, frekuensi akses QR Code, hasil belajar psikomotor, maupun perubahan pada setiap indikator soal. Oleh sebab itu, generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati dan dibatasi pada karakteristik sampel, materi, serta durasi intervensi yang digunakan.

SIMPULAN

Analisis utama melibatkan 64 siswa, yaitu 32 siswa kelompok kontrol dan 32 siswa kelompok eksperimen; 30 siswa XI TKR 1 hanya digunakan untuk uji coba instrumen. Kemampuan awal kedua kelompok tidak berbeda secara signifikan ($p=0,269$). Kelompok kontrol memperoleh rata-rata N-Gain 0,365 (sedang), sedangkan kelompok eksperimen memperoleh 0,711 (tinggi). Uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa N-Gain kelompok eksperimen secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok kontrol ($U=52,000$; $Z=-6,176$; $p<0,001$) dengan ukuran efek besar ($r=0,772$). Ketuntasan post-test kelompok eksperimen mencapai 84,4%, jauh lebih tinggi daripada kelompok kontrol sebesar 12,5%, tetapi belum memenuhi target ketuntasan klasikal 85%. Dengan demikian, pada konteks penelitian ini, paket model PjBL berbasis QR Code menghasilkan peningkatan hasil belajar kognitif materi Sistem Rem yang lebih tinggi daripada pembelajaran konvensional. Kesimpulan tersebut berlaku untuk paket intervensi gabungan dan tidak menunjukkan pengaruh terpisah dari PjBL atau QR Code.

Guru dapat mempertimbangkan model PjBL berbasis QR Code pada materi otomotif yang memerlukan integrasi konsep, prosedur, dan diagnosis, disertai pendampingan khusus bagi siswa yang belum mencapai KKM. Penelitian berikutnya perlu melibatkan lebih dari satu sekolah, menggunakan pengendalian kemampuan awal yang lebih kuat, mengukur hasil psikomotor serta afektif, dan menggunakan desain yang dapat

memisahkan kontribusi PjBL dari QR Code. Penelitian berikutnya juga perlu menggunakan lembar observasi keterlaksanaan setiap tahap PjBL dan log akses QR Code agar konsistensi pelaksanaan intervensi serta intensitas penggunaan sumber belajar digital dapat diverifikasi secara objektif.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Badan Pusat Statistik, “Keadaan Ketenagakerjaan Indonesia Agustus 2024,” Berita Resmi Statistik, no. 83/11/Th. XXVII, 5 Nov. 2024. [Online]. Tersedia, <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2024/11/05/2373/tingkat-pengangguran-terbuka--tpt--sebesar-4-91-persen-dan-rata-rata-upah-buruh-sebesar-3-27-juta-rupiah-per-bulan-.html>.
- [2] A. Akmal, A. Ambiyar, U. Usmeldi, dan R. Fadillah, “Developing and Assessing the Impact of an Integrated STEM Project-Based Learning Model in Vocational Education for Enhanced Competence and Employability,” *Salud Cienc. Tecnol.*, vol. 5, Art. no. 1786, 2025, doi: 10.56294/saludcyt20251786.
- [3] I. Lesman, M. Mulianti, P. Primawati, dan G. K. Kassymova, “Implementation of project-based learning (PjBL) model to increase students’ creativity and critical thinking skill in vocational creative product subjects,” *J. Pendidik. Teknol. Kejuru.*, vol. 6, no. 3, pp. 202–215, 2023, doi: 10.24036/jptk.v6i3.34023.
- [4] T. Megayanti, T. Busono, dan J. Maknun, “Project-Based Learning Efficacy in Vocational Education: Literature Review,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 830, no. 4, Art. no. 042075, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/830/4/042075.
- [5] M. Maulana, “Penerapan Model Project Based Learning Berbasis STEM pada Pembelajaran Fisika Siapkan Kemandirian Belajar Peserta Didik,” *J. Teknodik*, pp. 39–50, 2020, doi: 10.32550/teknodik.v0i2.678.
- [6] S. A. Malik, “Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) untuk Meningkatkan Prestasi Siswa Kelas XI A SMK Negeri 1 Wewewa Barat Tahun Pelajaran 2023/2024 pada Mata Pelajaran Pemeliharaan Mesin Kendaraan Ringan,” *BULLET: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, vol. 3, no. 4, pp. 521531, 2024.
- [7] L. Zhang dan Y. Ma, “A Study of the Impact of Project-Based Learning on Student Learning Effects: A Meta-Analysis Study,” *Front. Psychol.*, vol. 14, Art. no. 1202728, 2023, doi: 10.3389/fpsyg.2023.1202728.
- [8] A. Amri, A. Arif, D. S. Putra, M. Y. Setiawan, I. Kholidasari, dan N. Dwiyan, “Rancang Bangun Trainer Sepeda Listrik Berbasis Quick Response Code (QR Code) untuk Media Pembelajaran,” *JTPVI: J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 3, no. 4, pp. 947–956, 2025, doi: 10.24036/jtpvi.v3i4.368.
- [9] M. Marselino dan S. Suhartadi, “Integrating QR Code-Based Video Scaffolding in Problem-Based Learning to Enhance Vocational Students’ Competence and Autonomy,” *J. Mech. Eng. Educ.*, vol. 13, no. 1, pp. 19–34, 2026, doi: 10.17509/jmee.v13i1.93560.
- [10] R. Oktarilta, N. Hidayat, Wagino, D. Fernandez, A. Novira, dan A. I. Jamhur, “Integrasi Problem Based Learning Berbantuan QR Code pada Pembelajaran Sistem Pemindah Tenaga di SMK untuk Meningkatkan Hasil Belajar,” *JTPVI: J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 73–82, 2025, doi: 10.24036/jtpvi.v4i1.389.
- [11] N. Hidayat, Wakhinuddin, R. Lapisa, Milana, Muslim, J. Sardi, dan E. Wirdianto, “Development of Smart Simulator for Electronic Fuel Injection (EFI) Fuel System Based on Quick Response Code (QR Code) for Learning Media,” *JOIV: Int. J. Informatics Vis.*, vol. 8, no. 3, pp. 1319–1324, 2024, doi: 10.62527/joiv.8.3.2209.
- [12] T. Primadana, H. Maksum, dan W. Wagino, “Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) pada Mata Diklat

- Pemeliharaan Kelistrikan Kendaraan Ringan,” AEEJ J. Automot. Eng. Vocat. Educ., vol. 2, no. 2, pp. 89–102, 2021, doi: 10.24036/aej.v2i2.38.
- [13] K. O. D. Utama dan S. Sukaswanto, “Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning terhadap Hasil Belajar dan Keaktifan Belajar Siswa di SMK Negeri 1 Ngawen,” J. Pendidik. Vokasi Otomotif, vol. 2, no. 2, pp. 79–92, 2020, doi: 10.21831/jpvo.v2i2.33560.
- [14] A. Primartadi, S. Suyitno, dan D. Jatmoko, “Pengembangan Media Pembelajaran Sistem Rem Cakram dan Tromol Sepeda Motor terhadap Minat Belajar Siswa SMK,” J. Pendidik. Vokasi Otomotif, vol. 6, no. 2, pp. 99–106, 2024, doi: 10.21831/jpvo.v6i2.72387.
- [15] M. D. Yulianto, R. Iskandar, dan R. F. Naryanto, “Evaluasi Pengaruh Media Pembelajaran terhadap Hasil Belajar Otomotif melalui Pendekatan Meta-Analisis,” J. Pendidik. dan Teknol. Indones., vol. 5, no. 1, pp. 97–111, 2025, doi: 10.52436/1.jpiti.588.
- [16] R. Sandra, A. Arif, Wagino, dan H. D. Saputra, “Pengembangan Modul Interaktif Berbasis Alat Praktik untuk Meningkatkan Hasil Belajar Pemeliharaan Mesin Kendaraan Ringan (PMKR),” JTPVI: J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones., vol. 3, no. 3, pp. 871–882, 2025, doi: 10.24036/jtpvi.v3i3.337.
- [17] W. Sumarni dan S. Kadarwati, “Ethno-STEM Project-Based Learning: Its Impact to Critical and Creative Thinking Skills,” J. Pendidik. IPA Indones., vol. 9, no. 1, pp. 11–21, 2020, doi: 10.15294/jpii.v9i1.21754.
- [18] B. Capili dan J. K. Anastasi, “An Introduction to the Quasi-Experimental Design (Nonrandomized Design),” Am.J.Nurs., vol. 124, no. 11, pp. 50–52, 2024, doi: 10.1097/01.NAJ.0001081740.74815.20.
- [19] H. A. S. Saputri, Zulhijrah, N. J. Larasati, dan Shaleh, “Analisis Instrumen Asesmen: Validitas, Reliabilitas, Tingkat Kesukaran dan Daya Beda Butir Soal,” Didaktik: J. Ilm. PGSDSTKIP Subang, vol. 9, no. 5, pp. 2986–2995, 2023, doi: 10.36989/didaktik.v9i5.2268.
- [20] R. R. Hake, “Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses,” Am. J. Phys., vol. 66, no. 1, pp. 64–74, 1998, doi: 10.1119/1.18809.
- [21] C. O. Fritz, P. E. Morris, dan J. J. Richler, “Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation,” J. Exp. Psychol. Gen., vol. 141, no. 1, pp. 2–18, 2012, doi: 10.1037/a0024338.

Halaman ini sengaja dikosongkan