https://jurnal.politap.ac.id/index.php/intern
ISSN 2829-503x
Diterbitkan Online : 30-10-2026
Jurnal Inovasi Pendidikan Sains dan Terapan
Volume 05 Nomor 02

# CADGPT Framework: Model Project-Based Learning Berbantuan AutoCAD dan ChatGPT untuk Meningkatkan Hasil Belajar pada Mata Kuliah Konstruksi Bangunan Gedung

**Tengku Ahmad Fauzansyah[1*], Roly Edyan[2], Aditya Ly[3], Gauris Panji Er Lambang[4]**
[1,2,3,4] Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Nusa Cendana
***Email*** *penulis korespondensi: tengku_fauzansyah@staf.undana.ac.id*

## ABSTRAK

Transformasi digital industri *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC) menuntut pembelajaran yang mengintegrasikan strategi pedagogis, perangkat profesional, dan kecerdasan buatan. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan hasil belajar kognitif mahasiswa antara pembelajaran menggunakan CADGPT Framework, yang mengintegrasikan *Project-Based Learning* (PjBL), AutoCAD, dan ChatGPT sebagai *AI Learning Assistant*, dengan pembelajaran konvensional pada mata kuliah Konstruksi Bangunan Gedung. Penelitian menggunakan desain kuasi eksperimen *nonequivalent pretest–posttest control group* dengan melibatkan 60 mahasiswa yang terbagi menjadi kelompok eksperimen dan kontrol, masing-masing 30 mahasiswa. Pemilihan sampel dilakukan melalui teknik *intact group sampling*, yaitu menggunakan dua kelas yang telah terbentuk tanpa pengacakan individu. Pembelajaran dilaksanakan selama delapan pertemuan, termasuk pretest dan posttest, dengan pengukuran hasil belajar menggunakan 30 soal pilihan ganda. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji t, *Normalized Gain* (N-Gain), *Mann–Whitney U Test*, dan Cohen's d. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata posttest kelompok eksperimen sebesar 79,33 lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol sebesar 72,78, dengan perbedaan signifikan ($t(58) = 2,701$; $p = 0,009$). Nilai N-Gain yang dilaporkan pada kelompok eksperimen sebesar 0,6257 dan kelompok kontrol sebesar 0,4760, dengan perbedaan distribusi atau peringkat yang signifikan ($U = 188,000$; $p < 0,001$). Nilai Cohen's d sebesar 0,70 menunjukkan ukuran efek sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan CADGPT Framework berkaitan dengan hasil belajar kognitif yang lebih tinggi pada dua kelas yang diteliti. Namun, kontribusi masing-masing komponen pembelajaran belum dapat dipisahkan karena diterapkan secara terintegrasi.

**Kata kunci:** CADGPT Framework; Project-Based Learning; AutoCAD; ChatGPT; hasil belajar kognitif

## ABSTRACT

*The digital transformation of the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry requires learning approaches that integrate pedagogical strategies, professional software, and artificial intelligence. This study aims to examine differences in students' cognitive learning outcomes between the implementation of the CADGPT Framework, which integrates Project-Based Learning (PjBL), AutoCAD, and ChatGPT as an AI Learning Assistant, and conventional instruction in the Building Construction course. A quasi-experimental design employing a nonequivalent pretest–posttest control group was used, involving 60 students divided into an experimental group and a control group, with 30 students in each. Participants were selected using intact group sampling, involving two existing classes without individual randomization. The study was conducted over eight sessions, including the pretest and posttest, and learning outcomes were assessed using a 30-item multiple-choice test. Data were analyzed using descriptive statistics, t-tests, Normalized Gain (N-Gain), the Mann–Whitney U test, and Cohen's d. The results showed that the experimental group achieved a higher mean posttest score (79.33) than the control group (72.78), with a statistically significant difference*

*(t(58) = 2.701, p = 0.009). The reported N-Gain was also higher in the experimental group (0.6257) than in the control group (0.4760), with a significant difference in N-Gain distributions or ranks (U = 188.000, p < 0.001). Cohen's d of 0.70 indicated a medium effect size. These findings suggest that the implementation of the CADGPT Framework was associated with higher cognitive learning outcomes in the two classes examined. However, the individual contributions of PjBL, AutoCAD, and ChatGPT could not be isolated because these components were implemented as an integrated instructional approach.*

***Keywords:*** *CADGPT Framework; Project-Based Learning; AutoCAD; ChatGPT; cognitive learning outcomes.*

## PENDAHULUAN

Transformasi digital dalam industri *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC) telah mendorong perubahan kompetensi yang dibutuhkan oleh lulusan pendidikan teknik bangunan. Pemanfaatan teknologi seperti *Computer-Aided Design* (CAD), *Building Information Modeling* (BIM), dan *Artificial Intelligence* (AI) menuntut lulusan tidak hanya menguasai konsep konstruksi, tetapi juga mampu mengintegrasikan teknologi digital dalam proses analisis, perancangan, dan pengambilan keputusan teknis (Johri et al., 2023; Maalek, 2024). Kondisi tersebut memberikan tantangan bagi perguruan tinggi untuk menyelenggarakan pembelajaran yang lebih autentik, kontekstual, dan berorientasi pada penyelesaian masalah konstruksi. Namun, pembelajaran pada mata kuliah Konstruksi Bangunan Gedung masih menghadapi kendala dalam menghubungkan pemahaman konseptual dengan penerapannya pada proyek nyata. Penggunaan AutoCAD cenderung berorientasi pada penguasaan keterampilan menggambar, sementara kemampuan mahasiswa dalam menganalisis permasalahan konstruksi, mengevaluasi alternatif desain, dan memberikan justifikasi terhadap keputusan teknis masih perlu diperkuat (Anindya et al., 2025). Selain itu, keterbatasan waktu konsultasi dengan dosen menyebabkan mahasiswa tidak selalu memperoleh umpan balik secara langsung ketika menghadapi kesulitan dalam menyelesaikan proyek secara mandiri.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang relevan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah *Project-Based Learning* (PjBL). Pendekatan ini menempatkan mahasiswa sebagai subjek aktif yang membangun pengetahuan melalui penyelesaian proyek autentik sehingga memungkinkan pengembangan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan pemecahan masalah. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan PjBL berpotensi meningkatkan hasil belajar dan keterampilan mahasiswa dalam pendidikan teknik (Chen et al., 2021; Martínez et al., 2024). Namun, efektivitas PjBL sangat dipengaruhi oleh ketersediaan pendampingan dan umpan balik selama proses penyelesaian proyek. Mahasiswa sering memerlukan bantuan konseptual ketika menginterpretasikan standar konstruksi, menentukan alternatif penyelesaian masalah, dan mengembangkan gambar kerja menggunakan AutoCAD. Tanpa dukungan pembelajaran yang memadai, mahasiswa berpotensi mengalami kesulitan dalam menghubungkan pengetahuan teoritis dengan keputusan desain yang dibuat.

Perkembangan *Generative Artificial Intelligence* (GenAI), khususnya ChatGPT, memberikan peluang untuk memperkuat dukungan pembelajaran melalui penyediaan penjelasan konseptual, klarifikasi materi, alternatif solusi, dan umpan balik awal secara cepat. Kasneci et al. (2023) dan Lo (2023) mengemukakan bahwa ChatGPT berpotensi mendukung pembelajaran mandiri dan meningkatkan akses mahasiswa terhadap bantuan akademik. Dalam pendidikan teknik, teknologi ini dapat dimanfaatkan sebagai *AI Learning Assistant* yang menyediakan *instructional scaffolding* ketika mahasiswa menghadapi kesulitan selama penyelesaian proyek. Meskipun demikian, informasi yang dihasilkan ChatGPT tidak selalu akurat dan berpotensi mengandung kesalahan konseptual maupun teknis. Oleh karena itu,

pemanfaatannya perlu ditempatkan dalam rancangan pembelajaran yang terstruktur, dengan tetap mempertahankan peran dosen sebagai fasilitator dan pengendali mutu akademik.

Sejumlah penelitian telah mengkaji manfaat PjBL, AutoCAD, dan ChatGPT dalam pembelajaran, tetapi integrasi ketiganya dalam konteks pendidikan teknik bangunan masih memerlukan kajian lebih lanjut. Penelitian mengenai PjBL umumnya berfokus pada peningkatan hasil belajar dan keterampilan pemecahan masalah, sedangkan penelitian mengenai AutoCAD lebih banyak menekankan kompetensi menggambar teknik. Sementara itu, kajian mengenai ChatGPT cenderung membahas penggunaannya sebagai alat bantu pencarian informasi, penjelasan konsep, dan penyelesaian tugas akademik (Chen et al., 2021; Anindya et al., 2025; Uddin et al., 2024). Kesenjangan penelitian terletak pada masih terbatasnya bukti empiris mengenai efektivitas integrasi PjBL, AutoCAD, dan ChatGPT dalam satu rancangan pembelajaran yang memiliki tahapan pedagogis, pembagian peran, serta mekanisme verifikasi informasi teknis yang jelas. Integrasi tersebut penting karena pembelajaran Konstruksi Bangunan Gedung tidak hanya menuntut kemampuan menghasilkan gambar kerja, tetapi juga ketepatan konsep, kesesuaian dengan standar konstruksi, dan kemampuan mempertanggungjawabkan keputusan desain.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengusulkan *CADGPT Framework* sebagai kerangka integrasi pembelajaran yang menggabungkan PjBL, AutoCAD, dan ChatGPT sebagai *AI Learning Assistant*. Kerangka ini disusun berdasarkan prinsip konstruktivisme, *instructional scaffolding*, dan *cognitive apprenticeship*, yang menekankan keterlibatan aktif mahasiswa dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman, pendampingan, dan refleksi (Hmelo-Silver et al., 2007; Doulougeri et al., 2024). CADGPT Framework tidak diposisikan sebagai perangkat lunak baru maupun model pembelajaran yang telah melalui prosedur pengembangan dan validasi model secara khusus, melainkan sebagai rancangan integrasi pembelajaran yang implementasi dan efektivitasnya diuji secara empiris. Kebaruan penelitian terletak pada pengintegrasian strategi pembelajaran berbasis proyek, perangkat desain profesional, dan dukungan AI dalam satu alur pembelajaran yang menempatkan mahasiswa sebagai pengambil keputusan utama serta dosen sebagai pengarah dan evaluator proses pembelajaran.

Secara operasional, CADGPT Framework dirancang melalui tujuh tahapan pembelajaran, yaitu *Project Orientation*, *Construction Problem Analysis*, *AI-Assisted Conceptual Scaffolding*, *AutoCAD-Based Design Development*, *AI-Supported Reflection*, *Project Revision*, serta *Presentation and Evaluation*. Pada tahap awal, dosen memberikan permasalahan proyek konstruksi dan menjelaskan capaian pembelajaran serta kriteria penilaian. Mahasiswa kemudian menganalisis kebutuhan proyek dan memanfaatkan ChatGPT untuk memperoleh klarifikasi konsep serta mengeksplorasi alternatif penyelesaian masalah. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengembangkan gambar kerja menggunakan AutoCAD. Selanjutnya, mahasiswa melakukan refleksi terhadap hasil desain, memperoleh umpan balik, melakukan revisi, dan mempresentasikan hasil proyek untuk dievaluasi. Melalui tahapan tersebut, PjBL berfungsi sebagai pendekatan pedagogis, AutoCAD sebagai perangkat pengembangan gambar kerja, dan ChatGPT sebagai pendamping konseptual yang mendukung proses pembelajaran secara berkelanjutan.

Untuk memastikan penggunaan AI yang bertanggung jawab, CADGPT Framework juga menempatkan verifikasi informasi teknis sebagai bagian penting dalam proses pembelajaran. Saran yang dihasilkan ChatGPT tidak langsung digunakan sebagai dasar keputusan desain, tetapi perlu diperiksa melalui referensi teknik, materi perkuliahan, dan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang relevan dengan pekerjaan konstruksi. Mahasiswa diarahkan untuk memeriksa kesesuaian informasi, dimensi, spesifikasi material, dan prinsip konstruksi sebelum menerapkan saran tersebut pada gambar kerja AutoCAD. Dosen berperan dalam mengevaluasi

ketepatan konsep, kesesuaian interpretasi standar teknis, serta kelayakan alternatif solusi yang diajukan mahasiswa. Apabila ditemukan ketidaksesuaian antara saran AI dan ketentuan teknis, mahasiswa diarahkan untuk melakukan koreksi serta menjelaskan dasar pertimbangan perbaikannya. Dengan demikian, ChatGPT diposisikan sebagai sarana *instructional scaffolding* yang membantu proses penalaran, bukan sebagai sumber otoritas teknis maupun pengganti penilaian dosen. Mekanisme ini sekaligus menekankan pentingnya kemampuan berpikir kritis dan tanggung jawab mahasiswa dalam memanfaatkan teknologi AI pada pembelajaran konstruksi bangunan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas implementasi CADGPT Framework terhadap hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Konstruksi Bangunan Gedung menggunakan desain *quasi-experimental pretest–posttest control group*. Secara khusus, penelitian ini mengevaluasi perbedaan hasil belajar antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, menganalisis peningkatan hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan, membandingkan peningkatan hasil belajar berdasarkan nilai *Normalized Gain* (N-Gain), serta mengukur besarnya pengaruh implementasi CADGPT Framework terhadap hasil belajar mahasiswa. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi empiris mengenai efektivitas integrasi PjBL, AutoCAD, dan ChatGPT dalam pendidikan teknik bangunan, sekaligus menjadi alternatif rancangan pembelajaran berbasis AI yang terstruktur, kontekstual, dan bertanggung jawab.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi-experimental nonequivalent pretest–posttest control group*. Penelitian dilaksanakan pada semester genap Tahun Akademik 2025/2026 di Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Nusa Cendana. Sampel penelitian berjumlah 60 mahasiswa semester II yang terbagi menjadi dua kelas, yaitu 30 mahasiswa kelompok eksperimen dan 30 mahasiswa kelompok kontrol. Pemilihan sampel menggunakan teknik *intact group sampling*, yaitu menggunakan kelas yang telah terbentuk tanpa pengacakan individu. Kelompok eksperimen mengikuti pembelajaran menggunakan CADGPT Framework yang mengintegrasikan *Project-Based Learning* (PjBL), AutoCAD, dan ChatGPT sebagai *AI Learning Assistant*, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional melalui ceramah, demonstrasi, dan latihan AutoCAD. Penelitian dilaksanakan selama delapan pertemuan, dengan pretest pada pertemuan pertama dan posttest pada pertemuan kedelapan.

Kedua kelompok mempelajari materi yang sama sesuai Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Konstruksi Bangunan Gedung. Pada kelompok eksperimen, penerapan CADGPT Framework dilakukan melalui tujuh tahapan, yaitu orientasi proyek, analisis permasalahan konstruksi, pendampingan konseptual menggunakan ChatGPT, pengembangan gambar kerja menggunakan AutoCAD, refleksi berbantuan AI, revisi proyek, serta presentasi dan evaluasi. Sementara itu, kelompok kontrol mengikuti pembelajaran melalui penjelasan dosen, demonstrasi, dan latihan menggambar menggunakan AutoCAD. Perbedaan perlakuan kedua kelompok terletak pada penerapan kerangka pembelajaran terintegrasi CADGPT Framework dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Instrumen penelitian berupa tes hasil belajar yang terdiri atas 30 soal pilihan ganda dengan skor maksimum 100. Tes digunakan untuk mengukur hasil belajar kognitif mahasiswa yang mencakup pemahaman konsep, analisis, dan penerapan pengetahuan konstruksi bangunan. Kualitas butir soal dianalisis menggunakan *Corrected Item–Total Correlation* (CITC) dengan kriteria ≥ 0,30. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh 30 butir soal memenuhi kriteria tersebut. Reliabilitas instrumen diuji menggunakan *Cronbach's Alpha* dan

menghasilkan nilai 0,883, yang menunjukkan konsistensi internal yang baik. Instrumen yang sama digunakan pada pretest dan posttest untuk mengukur perubahan hasil belajar mahasiswa.

Analisis data dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics versi 25 dengan taraf signifikansi 0,05. Analisis deskriptif meliputi rata-rata dan simpangan baku skor pretest serta posttest pada masing-masing kelompok. Uji normalitas dilakukan menggunakan Shapiro–Wilk, sedangkan homogenitas varians diuji menggunakan Levene's Test. Hasil pengujian menunjukkan bahwa skor pretest dan posttest kelompok eksperimen tidak memenuhi asumsi normalitas, sedangkan uji homogenitas posttest menghasilkan nilai p = 0,407. Meskipun sebagian data tidak berdistribusi normal, *Independent Samples t-test* tetap digunakan untuk membandingkan skor posttest kedua kelompok dengan mempertimbangkan jumlah sampel yang seimbang, yaitu 30 mahasiswa pada setiap kelompok, serta varians posttest yang relatif serupa. *Paired Samples t-test* digunakan untuk menguji perubahan skor pretest dan posttest dalam masing-masing kelompok. Pemeriksaan pencilan dan analisis sensitivitas belum dapat dikonfirmasi dari hasil penelitian yang tersedia sehingga kemungkinan pengaruh nilai ekstrem terhadap hasil uji parametrik tetap menjadi keterbatasan analisis. Hasil pengujian dilaporkan menggunakan nilai statistik uji, derajat kebebasan, nilai p, selisih rata-rata, dan interval kepercayaan 95%. Nilai signifikansi yang ditampilkan SPSS sebagai 0,000 dituliskan sebagai $p < 0{,}001$. Peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan *Normalized Gain* (N-Gain) dengan skor maksimum 100. Perhitungan N-Gain individu menggunakan rumus:

$$\textbf{N-Gain} = (\textbf{Posttest} - \textbf{Pretest}) / (100 - \textbf{Pretest})$$

Keterangan: Posttest merupakan skor setelah pembelajaran, Pretest merupakan skor sebelum pembelajaran, dan 100 merupakan skor maksimum tes. Rata-rata N-Gain kelompok diperoleh dengan merata-ratakan nilai N-Gain setiap mahasiswa. Perhitungan tersebut berbeda dengan N-Gain yang dihitung langsung dari rata-rata pretest dan posttest kelas karena hasil keduanya tidak selalu sama. Hasil penelitian melaporkan N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,6257 dan kelompok kontrol sebesar 0,4760, yang keduanya termasuk kategori sedang. Namun, prosedur perhitungan nilai tersebut masih perlu diverifikasi menggunakan skor individu untuk memastikan bahwa nilai yang dilaporkan merupakan rata-rata N-Gain individu. Perbedaan N-Gain antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dianalisis menggunakan *Mann–Whitney U Test* karena salah satu kelompok tidak memenuhi asumsi normalitas. Uji ini digunakan untuk mengetahui perbedaan distribusi atau peringkat N-Gain antarkelompok, bukan secara otomatis perbedaan rata-rata. Ukuran efek nonparametrik dihitung menggunakan rumus:

$$\mathbf{r} = |\mathbf{Z}| / \sqrt{\mathbf{N}}$$

Keterangan: r merupakan ukuran efek, Z merupakan nilai statistik hasil uji Mann–Whitney, dan N merupakan jumlah seluruh mahasiswa. Berdasarkan nilai $Z = -3{,}876$ dan jumlah sampel 60 mahasiswa, diperoleh ukuran efek $r = 0{,}50$. Hipotesis $H_{02}$ dalam penelitian ini merujuk pada tidak adanya perbedaan N-Gain antarkelompok, sedangkan analisis perubahan pretest–posttest dalam masing-masing kelompok digunakan sebagai analisis tambahan. Besarnya perbedaan hasil belajar akhir antarkelompok dihitung menggunakan Cohen's d berdasarkan selisih rata-rata posttest dan simpangan baku gabungan (*pooled standard deviation*). Rumus yang digunakan adalah:

$$\textbf{Cohen's d} = (\textbf{Mean Eksperimen} - \textbf{Mean Kontrol}) / \textbf{SD Gabungan}$$

$$\textbf{SD Gabungan} = \sqrt{[((n_1 - 1) \times SD_1^2 + (n_2 - 1) \times SD_2^2) / (n_1 + n_2 - 2)]}$$

Keterangan: Mean Eksperimen dan Mean Kontrol merupakan rata-rata posttest kedua kelompok; $SD_1$ dan $SD_2$ merupakan simpangan baku posttest masing-masing kelompok; sedangkan $n_1$ dan $n_2$ merupakan jumlah mahasiswa setiap kelompok. Berdasarkan rata-rata posttest kelompok eksperimen sebesar 79,33 dan kelompok kontrol sebesar 72,78, serta

simpangan baku masing-masing sebesar 9,69 dan 9,10, diperoleh simpangan baku gabungan sekitar 9,40 dan Cohen's d sebesar 0,70. Nilai tersebut menunjukkan ukuran efek kategori sedang. Interpretasi hasil penelitian dibatasi pada perbandingan hasil belajar kognitif yang diukur melalui tes pilihan ganda pada dua kelas yang diteliti. Karena penelitian menggunakan desain kuasi eksperimen tanpa pengacakan individu, perbedaan hasil belajar tidak dapat sepenuhnya dipisahkan dari kemungkinan pengaruh karakteristik awal kelas. Selain itu, perlakuan CADGPT Framework mengintegrasikan PjBL, AutoCAD, dan ChatGPT secara bersamaan sehingga kontribusi masing-masing komponen belum dapat diidentifikasi secara terpisah. Penelitian ini juga tidak menyajikan data log interaksi ChatGPT, observasi sistematis, atau wawancara untuk menguji mekanisme dukungan AI selama pembelajaran. Oleh karena itu, penjelasan mengenai peran ChatGPT diposisikan sebagai kemungkinan mekanisme pembelajaran, bukan sebagai temuan yang telah dibuktikan secara langsung**.**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui hasil belajar mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran. Penelitian melibatkan 60 mahasiswa yang terbagi menjadi kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, masing-masing sebanyak 30 mahasiswa. Hasil analisis disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Statistik Deskriptif Hasil Belajar Mahasiswa**

| Kelompok | N | Pretest (Mean ± SD) | Posttest (Mean ± SD) |
|---|---|---|---|
| Eksperimen | 30 | 47,45 ± 17,65 | 79,33 ± 9,69 |
| Kontrol | 30 | 47,22 ± 17,73 | 72,78 ± 9,10 |

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata pretest kelompok eksperimen sebesar 47,45 dan kelompok kontrol sebesar 47,22. Setelah pembelajaran, rata-rata posttest kelompok eksperimen meningkat menjadi 79,33, sedangkan kelompok kontrol menjadi 72,78. Secara deskriptif, kelompok eksperimen memperoleh hasil belajar akhir yang lebih tinggi. Namun, kedekatan rata-rata pretest belum cukup untuk membuktikan kesetaraan kemampuan awal kedua kelompok.

Uji normalitas dilakukan menggunakan Shapiro–Wilk, sedangkan homogenitas varians diuji menggunakan Levene's Test.

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

| Variabel | Kelompok | p | Keterangan |
|---|---|---|---|
| Pretest | Eksperimen | 0,035 | Tidak normal |
| Pretest | Kontrol | 0,227 | Tidak menolak normalitas |
| Posttest | Eksperimen | < 0,001 | Tidak normal |
| Posttest | Kontrol | 0,097 | Tidak menolak normalitas |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa skor pretest dan posttest kelompok eksperimen tidak memenuhi asumsi normalitas. Sementara itu, uji Levene pada skor posttest menghasilkan $F = 0,697$ dan $p = 0,407$, sehingga tidak ditemukan perbedaan varians yang signifikan antara kedua kelompok. Analisis parametrik tetap dilaporkan dengan mempertimbangkan ukuran sampel yang seimbang, yaitu 30 mahasiswa pada setiap kelompok, serta simpangan baku posttest yang relatif berdekatan. Meskipun demikian, hasil tersebut perlu ditafsirkan secara hati-

hati karena sebagian data tidak memenuhi normalitas. Pemeriksaan pencilan dan analisis sensitivitas tambahan diperlukan untuk menilai ketahanan hasil pengujian.

Pengujian perbedaan hasil belajar antara kelompok eksperimen dan kontrol dilakukan menggunakan *Independent Samples t-test*.

**Tabel 3. Hasil Independent Samples t-test**

| Variabel | t | df | p | Mean Difference | IK 95% |
|---|---|---|---|---|---|
| Posttest | 2,701 | 58 | 0,009 | 6,555 | 1,70–11,41 |

Berdasarkan Tabel 3, terdapat perbedaan skor posttest yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, $t(58) = 2{,}701$, $p = 0{,}009$. Selisih rata-rata sebesar 6,555 poin menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memperoleh hasil belajar akhir lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Dengan demikian, $H_{01}$ ditolak. Selanjutnya, perubahan hasil belajar dalam masing-masing kelompok dianalisis menggunakan *Paired Samples t-test*.

**Tabel 4. Hasil Paired Samples t-test**

| Kelompok | Mean Difference (Pre–Post) | t | df | p | IK 95% |
|---|---|---|---|---|---|
| Eksperimen | −31,887 | −14,763 | 29 | < 0,001 | −36,30 hingga −27,47 |
| Kontrol | −25,555 | −11,715 | 29 | < 0,001 | −30,02 hingga −21,09 |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan hasil belajar yang signifikan ($p < 0{,}001$). Peningkatan skor kelompok eksperimen secara deskriptif lebih besar dibandingkan kelompok kontrol. Namun, signifikansi perubahan dalam masing-masing kelompok tidak dengan sendirinya membuktikan adanya perbedaan peningkatan antarkelompok. Peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan *Normalized Gain* (N-Gain) dengan skor maksimum 100. Rata-rata N-Gain kelompok seharusnya diperoleh dari rata-rata N-Gain seluruh mahasiswa pada masing-masing kelompok.

**Tabel 5. Hasil Analisis N-Gain**

| Kelompok | N | Mean N-Gain yang Dilaporkan | Kategori |
|---|---|---|---|
| Eksperimen | 30 | 0,6257 | Sedang |
| Kontrol | 30 | 0,4760 | Sedang |

Berdasarkan Tabel 5, kedua kelompok berada pada kategori peningkatan sedang. Kelompok eksperimen memiliki N-Gain yang dilaporkan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Namun, nilai tersebut perlu dipastikan kembali berasal dari perhitungan N-Gain per mahasiswa, bukan dari rata-rata skor kelas. Perbandingan N-Gain antarkelompok dilakukan

menggunakan *Mann–Whitney U Test* karena distribusi N-Gain pada salah satu kelompok tidak memenuhi asumsi normalitas.

**Tabel 6. Hasil Mann–Whitney U Test terhadap N-Gain**

| Statistik | Nilai |
|---|---|
| Mann–Whitney U | 188,000 |
| Wilcoxon W | 653,000 |
| Z | −3,876 |
| p | < 0,001 |
| Ukuran efek (r) | 0,50 |
| Mean Rank Eksperimen | 39,23 |
| Mean Rank Kontrol | 21,77 |

Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan distribusi atau peringkat N-Gain yang signifikan antara kedua kelompok, U = 188,000, p < 0,001. Kelompok eksperimen memiliki *mean rank* lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Ukuran efek nonparametrik yang dihitung menggunakan $r = |Z|/\sqrt{60}$ menghasilkan nilai sekitar 0,50. Dengan demikian, $H_{02}$ yang berkaitan dengan perbedaan N-Gain antarkelompok ditolak. Besarnya perbedaan hasil belajar akhir antara kedua kelompok dihitung menggunakan Cohen's d berdasarkan selisih rata-rata posttest dan simpangan baku gabungan.

**Tabel 7. Hasil Perhitungan Cohen's d**

| Parameter | Nilai |
|---|---|
| Mean Posttest Eksperimen | 79,33 |
| Mean Posttest Kontrol | 72,78 |
| SD Posttest Eksperimen | 9,69 |
| SD Posttest Kontrol | 9,10 |
| Pooled Standard Deviation | 9,40 |
| Cohen's d | 0,70 |
| Interpretasi | Sedang |

Hasil perhitungan menunjukkan nilai Cohen's d sebesar 0,70, yang termasuk kategori sedang. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perbedaan hasil belajar akhir kedua kelompok memiliki besaran yang cukup berarti secara praktis, tetapi tidak membuktikan bahwa seluruh perbedaan disebabkan oleh perlakuan.

**Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan CADGPT Framework memperoleh hasil belajar lebih tinggi dibandingkan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Hal ini ditunjukkan oleh rata-rata posttest kelompok eksperimen sebesar 79,33 dan kelompok kontrol sebesar 72,78, dengan perbedaan signifikan (p = 0,009) dan ukuran efek sedang (d = 0,70). Selain itu, nilai N-Gain yang dilaporkan pada kelompok eksperimen sebesar 0,6257 lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol sebesar 0,4760. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan CADGPT

Framework berkaitan dengan capaian dan peningkatan hasil belajar yang lebih baik dalam pembelajaran Konstruksi Bangunan Gedung.

Temuan ini penting karena pembelajaran konstruksi bangunan memerlukan kemampuan mahasiswa untuk memahami konsep sekaligus menerapkannya dalam penyelesaian permasalahan teknik. CADGPT Framework mengintegrasikan *Project-Based Learning* (PjBL), AutoCAD, dan ChatGPT sebagai *AI Learning Assistant*. PjBL memberikan konteks pembelajaran melalui proyek konstruksi, AutoCAD digunakan untuk mengembangkan gambar kerja, sedangkan ChatGPT dirancang sebagai pendamping dalam memahami konsep dan mengeksplorasi alternatif penyelesaian masalah. Integrasi tersebut berpotensi membantu mahasiswa menghubungkan pengetahuan teoretis dengan penerapan praktis.

Hasil penelitian ini sejalan dengan kajian Chen et al. (2021) mengenai potensi PjBL dalam mendukung pembelajaran teknik dan pemecahan masalah. Temuan ini juga relevan dengan Johri et al. (2023) yang membahas pemanfaatan teknologi digital dalam pendidikan teknik. Selain itu, Kasneci et al. (2023) dan Lo (2023) menjelaskan bahwa ChatGPT berpotensi mendukung pembelajaran melalui pemberian penjelasan dan umpan balik. Kesesuaian tersebut menunjukkan bahwa hasil penelitian memiliki dasar teoretis yang relevan dengan penelitian sebelumnya. Perbedaannya, penelitian ini mengkaji penerapan PjBL, AutoCAD, dan ChatGPT dalam satu rancangan pembelajaran pada mata kuliah Konstruksi Bangunan Gedung. Perbedaan hasil belajar yang ditemukan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pembelajaran berbasis proyek berpotensi meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan konstruksi, sedangkan ChatGPT mungkin membantu memberikan klarifikasi konsep dan alternatif penyelesaian secara lebih fleksibel. Namun, penelitian ini belum menyajikan data log interaksi ChatGPT, observasi sistematis, atau wawancara yang dapat memastikan mekanisme tersebut. Oleh karena itu, peran ChatGPT sebagai penyebab peningkatan hasil belajar masih merupakan kemungkinan penjelasan, bukan temuan yang telah diuji secara langsung. Faktor lain, seperti motivasi belajar, kemampuan awal, dan karakteristik kelas, juga dapat memengaruhi hasil penelitian.

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap kajian integrasi pembelajaran berbasis proyek dan teknologi AI dalam pendidikan teknik bangunan. Secara praktis, CADGPT Framework dapat dipertimbangkan sebagai alternatif rancangan pembelajaran yang menghubungkan pemahaman konsep, analisis masalah, dan pengembangan gambar kerja menggunakan AutoCAD. Penggunaan ChatGPT tetap memerlukan pendampingan dosen dan verifikasi informasi terhadap standar konstruksi yang relevan agar keputusan teknis mahasiswa dapat dipertanggungjawabkan. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, desain kuasi eksperimen tanpa pengacakan individu memungkinkan adanya perbedaan karakteristik awal antarkelompok. Kedua, perlakuan mengintegrasikan PjBL dan ChatGPT secara bersamaan sehingga pengaruh masing-masing komponen tidak dapat dipisahkan. Ketiga, sebagian distribusi data tidak memenuhi asumsi normalitas sehingga diperlukan pemeriksaan pencilan dan analisis tambahan. Keempat, penggunaan instrumen yang sama pada pretest dan posttest berpotensi menimbulkan efek mengingat soal. Kelima, penelitian hanya melibatkan 60 mahasiswa dari satu program studi sehingga generalisasi hasil masih terbatas. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain yang lebih terkontrol, melibatkan lebih banyak partisipan, serta mengumpulkan data proses pembelajaran untuk menjelaskan kontribusi masing-masing komponen CADGPT Framework.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan CADGPT Framework memperoleh hasil belajar kognitif lebih tinggi dibandingkan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional pada mata kuliah Konstruksi Bangunan Gedung. Berdasarkan tes pilihan ganda sebanyak 30 butir, rata-rata posttest kelompok eksperimen sebesar 79,33, sedangkan kelompok kontrol sebesar 72,78. Hasil

uji statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p = 0{,}009$), dengan ukuran efek Cohen's d sebesar 0,70 yang termasuk kategori sedang. Selain itu, nilai N-Gain yang dilaporkan pada kelompok eksperimen sebesar 0,6257 dan kelompok kontrol sebesar 0,4760, dengan perbedaan distribusi atau peringkat N-Gain yang signifikan ($p < 0{,}001$). Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan CADGPT Framework berkaitan dengan capaian hasil belajar kognitif yang lebih tinggi pada dua kelas yang diteliti.

Penelitian ini memberikan bukti empiris awal mengenai penerapan CADGPT Framework sebagai kerangka pembelajaran yang mengintegrasikan *Project-Based Learning* (PjBL), AutoCAD, dan ChatGPT sebagai *AI Learning Assistant*. Namun, hasil penelitian terbatas pada pengukuran hasil belajar melalui tes pilihan ganda dan belum dapat menjelaskan kontribusi masing-masing komponen pembelajaran secara terpisah. Selain itu, penggunaan desain kuasi eksperimen tanpa pengacakan individu serta keterlibatan 60 mahasiswa dari dua kelas pada satu program studi membatasi generalisasi hasil penelitian. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih luas dan desain penelitian yang lebih terkontrol. Pengukuran juga perlu diperluas melalui penilaian praktik, rubrik hasil proyek, dan observasi penggunaan AI untuk mengetahui apakah CADGPT Framework berkontribusi terhadap keterampilan desain dan penggunaan teknologi secara bertanggung jawab. Dengan demikian, efektivitas CADGPT Framework dapat dievaluasi secara lebih komprehensif, tidak hanya berdasarkan hasil belajar kognitif.

## REFERENSI
## DAFTAR PUSTAKA

Anindya, D. N., Wulandari, F. F., & Mubarroq, A. Y. (2026). The effectiveness of the CRH method assisted by PjBL in improving AutoCAD understanding and learning outcomes of building utility construction. *Jurnal Pensil: Pendidikan Teknik Sipil, 15*(1), 14–23. https://doi.org/10.21009/jpensil.v15i1.62731

Baghban Karimi, O. (2023). Specification and scaffolding in project-based learning of systems architecture. In *Proceedings of the 25th Western Canadian Conference on Computing Education*. https://doi.org/10.1145/3593342.3593354

Bai, S. T., Lo, C. K., & Yang, C. (2025). Enhancing instructional design learning: A comparative study of scaffolding by a 5E instructional model-informed artificial intelligence chatbot and a human teacher. *Interactive Learning Environments, 33*(3), 2738–2757. https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2420184

Belkina, M., Daniel, S., Nikolic, S., Haque, R., Lyden, S., Neal, P., Grundy, S., & Hassan, G. M. (2025). Implementing generative AI (GenAI) in higher education: A systematic review of case studies. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*, 100407. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100407

Chen, J., Kolmos, A., & Du, X. (2021). Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education, 46*(1), 90–115. https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718615

Doulougeri, K., Vermunt, J. D., Bombaerts, G., & Bots, M. (2024). Challenge-based learning implementation in engineering education: A systematic literature review. *Journal of Engineering Education, 113*(4), 1076–1106. https://doi.org/10.1002/jee.20588

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42*(2), 99–107.

Johri, A., Katz, A. S., Qadir, J., & Hingle, A. (2023). Generative artificial intelligence and engineering education. *Journal of Engineering Education, 112*(3), 572–577. https://doi.org/10.1002/jee.20537

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T.,

Nerdel, C., Pfeiffer, F., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., … Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences, 103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Lo, C. K. (2023). What is the impact of ChatGPT on education? A rapid review of the literature. *Education Sciences, 13*(4), 410. https://doi.org/10.3390/educsci13040410

Maalek, R. (2024). Integrating generative artificial intelligence and problem-based learning into the digitization in construction curriculum. *Buildings, 14*(11), 3642. https://doi.org/10.3390/buildings14113642

Mallibhat, K. (2024). Scaffolding models in a project-based learning course: A case study. *Journal of Engineering Education Transformations, 37*(Special Issue 2), 796–803. https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v37is2/24123

Munir, M. T., Li, B., Carter, S., & Hussain, S. (2026). Engineering education's Odyssey with ChatGPT: Opportunities, challenges, and theoretical foundations. *International Journal of Mechanical Engineering Education, 54*(4), 854–875. https://doi.org/10.1177/03064190251337477

Patnawar, S. T. (2023). A comprehensive review on PBL and digital PBL in engineering education: Status, challenges and future prospects. *Journal of Engineering Education Transformations, 37*(2), 142–157. https://doi.org/10.16920/jeet/2023/v37i2/23157

Ramírez de Dampierre, M., Gaya-López, M. C., & Lara-Bercial, P. J. (2024). Evaluation of the implementation of project-based-learning in engineering programs: A review of the literature. *Education Sciences, 14*(10), 1107. https://doi.org/10.3390/educsci14101107

Uddin, S. M. J., Albert, A., Tamanna, M., Ovid, A., & Alsharef, A. (2024). ChatGPT as an educational resource for civil engineering students. *Computer Applications in Engineering Education, 32*(4), e22747. https://doi.org/10.1002/cae.22747