

**ANALISIS PENERAPAN PROTOTYPE PELAKSANAAN KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG  
STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG MADRASAH**

***ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE PROTOTYPE FOR BUILDING  
CONSTRUCTION EXECUTION  
CASE STUDY OF A MADRASAH BUILDING CONSTRUCTION PROJECT***

**Samsul Arifin<sup>\*1</sup>, Pio Ranap Tua Naibaho<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa, Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa

<sup>2</sup>Dosen, Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa

Korespondensi: [samsul@madrasah.kemenag.go.id](mailto:samsul@madrasah.kemenag.go.id)

**ABSTRAK**

Program pembangunan Ruang Kelas Belajar (RKB) madrasah yang didanai melalui skema Surat Berharga Syariah Negara (SBSN) memegang peran strategis dalam meningkatkan kualitas pendidikan Islam di Indonesia. Meski demikian, pelaksanaan konstruksi RKB kerap terganjal berbagai persoalan, meliputi ketidaktepatan jadwal, pembengkakan anggaran, pembengkakan biaya, dan konsistensi mutu bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan prototipe terhadap efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan peningkatan mutu dalam pelaksanaan konstruksi bangunan gedung RKB madrasah. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui kuesioner kepada responden yang terlibat langsung dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan RKB madrasah, seperti Kepala Satuan Kerja, Pejabat Pembuat Komitmen, Ketua Tim Sarana Prasarana Provinsi, serta pegawai terkait Sarana Prasarana madrasah. Data yang digunakan berjumlah 137 responden valid dan dianalisis menggunakan metode Structural Equation Modeling-Partial Least Square (SEM-PLS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan prototipe berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi waktu dengan koefisien 0,770 dan p-value 0,000, efisiensi biaya dengan koefisien 0,637 dan p-value 0,000, serta peningkatan mutu dengan koefisien 0,762 dan p-value 0,000. Temuan ini menunjukkan bahwa prototipe mampu memperjelas desain, mengurangi revisi pekerjaan, menekan pemborosan biaya, meningkatkan koordinasi, dan menjaga konsistensi mutu konstruksi. Dengan demikian, penerapan prototipe dapat menjadi strategi efektif dalam meningkatkan kinerja pelaksanaan pembangunan RKB madrasah secara lebih efisien, terstandar, dan berkualitas.

**Kata Kunci: Efisiensi Biaya, Efisiensi Waktu, Peningkatan Mutu, Prototipe, Konstruksi RKB Madrasah**

***ABSTRACT***

*The development of Madrasah Learning Classrooms (RKB) through the State Sharia Securities (SBSN)-funded program represents a strategic initiative to enhance the quality of Islamic education in Indonesia. However, the implementation of RKB construction projects continues to face challenges, including schedule delays, cost overruns, and inconsistencies in construction quality. This study investigates the effect of prototype implementation on time efficiency, cost efficiency, and construction quality in RKB building projects. A*

*quantitative research design was employed, using questionnaire data collected from 137 respondents directly involved in the planning and implementation of RKB construction. The respondents included Heads of Work Units, Commitment-Making Officials, Heads of Provincial Infrastructure and Facilities Teams, and relevant personnel responsible for madrasah infrastructure and facilities. The data were analyzed using Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS). The findings reveal that prototype implementation has a positive and statistically significant effect on time efficiency (coefficient = 0,770;  $p = 0,000$ ), cost efficiency (coefficient = 0,637;  $p = 0,000$ ), and construction quality improvement (coefficient = 0,762;  $p = 0,000$ ). These findings suggest that the use of standardized prototypes can improve design clarity, reduce revisions and material waste, strengthen coordination, and promote consistency in construction quality. Therefore, prototype implementation offers an effective approach to improving the performance of RKB construction projects through greater efficiency, standardization, and quality assurance.*

**Keywords:** *Construction Quality, Cost Efficiency, Time Efficiency, Madrasah Learning Classrooms (RKB), Prototype*

## PENDAHULUAN

Penyediaan infrastruktur pendidikan yang memadai merupakan pilar utama dalam pembangunan sumber daya manusia Indonesia. Selain ketersediaan kurikulum dan tenaga pengajar, kualitas fisik bangunan pendidikan turut menentukan efektivitas proses belajar-mengajar. Bangunan yang layak, aman, dan memenuhi standar teknis menjadi prasyarat dasar yang tidak dapat diabaikan. Di Indonesia, upaya pemenuhan infrastruktur pendidikan masih menghadapi berbagai hambatan struktural, seperti disparitas antarwilayah, keterbatasan kapasitas fiskal daerah, rendahnya kualitas dokumen perencanaan, dan tantangan geografis yang kompleks. Kondisi ini mendorong pemerintah untuk menjadikan pembangunan sarana pendidikan sebagai agenda strategis nasional yang berorientasi pada pemerataan akses belajar dan peningkatan mutu.

Dalam sistem pendidikan keagamaan Islam, pembangunan Ruang Kelas Belajar (RKB) madrasah menduduki posisi yang sangat strategis. Madrasah tidak sekadar menjadi tempat transfer pengetahuan, melainkan lembaga pembentuk karakter dan moral peserta didik. Pemerintah mengambil langkah nyata melalui pembiayaan pembangunan RKB madrasah dengan mekanisme Surat Berharga Syariah Negara (SBSN) guna menjamin alokasi anggaran yang lebih terprogram, transparan, dan terukur. Kendati demikian, pembangunan RKB madrasah tidak boleh dipersempit sekadar sebagai konstruksi fisik, melainkan fondasi bagi terciptanya pengalaman belajar yang aman, nyaman, dan bermakna.

Data empiris menunjukkan bahwa *backlog* kebutuhan RKB madrasah masih sangat besar, dengan defisit ruang belajar mencapai 32,7% dari

total kebutuhan nasional berdasarkan catatan Kementerian Agama RI tahun 2023. Implikasinya, percepatan pembangunan harus diimbangi dengan penguatan sistem perencanaan, standarisasi desain, pengawasan lapangan, serta mekanisme pelaksanaan yang mampu memenuhi *triple constraint* proyek: ketepatan waktu, pengendalian biaya, dan konsistensi mutu. Dari sudut pandang operasional, proyek RKB madrasah memiliki kompleksitas tinggi karena tersebar di berbagai wilayah dengan karakteristik geografis dan rantai pasok yang beragam.

Persoalan klasik yang sering berulang pada proyek konstruksi RKB meliputi keterlambatan penyelesaian, pembengkakan anggaran, dan inkonsistensi mutu bangunan. Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan transformasi pendekatan manajemen konstruksi, salah satunya melalui penerapan prototipe bangunan atau desain standar terrepikasi. Prototipe berfungsi sebagai titik tolak perencanaan yang mempercepat penyusunan dokumen teknis, menekan risiko kesalahan perancangan, mengoptimalkan alokasi anggaran (*economies of scale*), serta menjaga konsistensi mutu teknis bangunan.

Meskipun demikian, kajian akademis yang secara spesifik mengkaji peran prototipe dalam pembangunan RKB madrasah masih sangat minim; sebagian besar literatur terdahulu lebih banyak mendiskusikan prototipe dalam konteks teknologi informasi, rekayasa sistem digital, atau inovasi pembelajaran. Kesenjangan literatur ini menjadi landasan kuat bagi urgensi penelitian untuk mengukur secara empiris kontribusi penerapan prototipe terhadap efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan peningkatan mutu pada proyek RKB madrasah. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini menggunakan paradigma kuantitatif dengan

pengumpulan data primer melalui kuesioner kepada para pemangku kepentingan proyek (PPK, satuan kerja, tenaga teknis, konsultan, dan kontraktor) guna menghasilkan model analisis yang komprehensif bagi perbaikan tata kelola infrastruktur pendidikan Islam.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Kinerja Proyek Konstruksi dan *Triple Constraint*

Keberhasilan suatu proyek konstruksi secara tradisional diukur berdasarkan pencapaian *triple constraint*, yang meliputi ketepatan waktu (*schedule*), pengendalian anggaran (*cost*), dan pemenuhan spesifikasi mutu (*quality*). Dalam proyek infrastruktur publik seperti Ruang Kelas Belajar (RKB) madrasah, ketiga dimensi ini saling terkait erat. Keterlambatan jadwal sering kali memicu pembengkakan biaya *overhead*, sementara upaya mempercepat proyek secara paksa tanpa kendali yang memadai dapat menurunkan mutu bangunan secara signifikan. Manajemen konstruksi modern menuntut pendekatan sistematis untuk menjaga keseimbangan ketiga variabel tersebut di tengah kompleksitas lapangan.

### Standarisasi Desain dan Konsep Prototipe dalam Konstruksi

Prototipe atau desain standar terdistribusi merupakan acuan rancangan bangunan yang dikembangkan secara sistematis dengan spesifikasi teknis terperinci, yang dapat diadopsi pada berbagai lokasi proyek dengan penyesuaian kontekstual yang diperlukan. Dalam literatur rekayasa dan manajemen proyek, prototipe terbukti efektif dalam memangkas waktu perencanaan berulang, memvalidasi elemen desain lebih awal, serta meminimalkan terjadinya *rework* (pekerjaan ulang) akibat kesalahan gambar kerja. Pada proyek konstruksi massal dan tersebar, standarisasi melalui prototipe juga memungkinkan tercapainya efisiensi biaya melalui pemanfaatan skala ekonomi (*economies of scale*) dan kepresisian perhitungan volume material.

### Standar Mutu Infrastruktur Pendidikan

Mutu bangunan fasilitas pendidikan memegang peranan krusial karena berdampak langsung pada keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan proses pembelajaran. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021,

bangunan gedung negara dan fasilitas umum wajib memenuhi standar teknis yang mencakup keselamatan, kesehatan, kenyamanan, andal, serta kemudahan aksesibilitas. Dalam konteks pembangunan RKB madrasah, penerapan prototipe dirancang sebagai instrumen pengendalian mutu untuk memastikan bahwa seluruh bangunan di berbagai wilayah tetap mematuhi standar teknis baku, integritas struktural, serta ketentuan kenyamanan lingkungan belajar secara konsisten.

## METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan kuantitatif. Mengacu pada kerangka Sekaran & Bougie (2016), struktur penelitian terdiri dari satu variabel independen, yaitu *Prototipe* (X), dan tiga variabel dependen, yaitu Efisiensi Waktu (Y1), Efisiensi Biaya (Y2) dan Peningkatan Mutu (Y3). Analisis data dilakukan dengan menggunakan *Structural Equation Model* (SEM). Untuk mengukur variabel, penulis menggunakan skala Likert. Skala Likert ini menggunakan 5 poin pengukuran, yaitu: 1) Sangat Tidak Setuju, 2) Tidak Setuju, 3) Netral, 4) Setuju, 5) Sangat Setuju.

Unit populasi dalam penelitian ini mencakup semua pihak yang secara aktif berpartisipasi dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi RKB Madrasah sepanjang periode 2019 hingga 2024, baik sebelum maupun setelah penerapan sistem prototipe bangunan. Populasi penelitian mencakup individu yang memiliki pengalaman, kewenangan, serta jabatan fungsional resmi dalam pembangunan RKB Madrasah. Secara kelembagaan, populasi penelitian ini meliputi PPK (Pejabat Pembuat Komitmen), KPA (Kuasa Pengguna Anggaran), konsultan perencana, konsultan pengawas, kontraktor pelaksana, tim teknis, serta pihak madrasah yang terlibat dalam proses pembangunan RKB Madrasah.

Penarikan sampel dilakukan menggunakan metode purposive sampling, yakni teknik seleksi responden yang didasarkan pada kriteria-kriteria tertentu yang relevan dengan fokus penelitian. Tiga kriteria inklusi yang ditetapkan adalah: (1) responden pernah terlibat langsung dalam kegiatan pembangunan RKB Madrasah, baik pada tahap perencanaan maupun pelaksanaan konstruksi; (2) responden memiliki pengalaman kerja pada program RKB Madrasah yang mencakup periode sebelum dan sesudah diterapkannya sistem prototipe (2019–2024); dan (3) responden menduduki jabatan atau peran fungsional resmi

yang memungkinkannya memahami aspek waktu, biaya, mutu, serta implementasi prototipe secara mendalam dalam konteks proyek konstruksi.

Penentuan jumlah sampel mempertimbangkan kebutuhan analisis statistik kuantitatif serta representasi proporsional dari berbagai unsur pemangku kepentingan dalam proyek RKB Madrasah. Sampel dipilih secara proporsional dari kelompok PPK, KPA, konsultan, kontraktor, tim teknis, dan perwakilan madrasah yang memenuhi kriteria inklusi, sehingga data yang terkumpul dapat memberikan gambaran yang valid dan komprehensif tentang pengaruh penerapan prototipe terhadap efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan peningkatan mutu dalam pembangunan gedung RKB Madrasah.

Dalam penelitian ini terdapat satu variabel independen, yaitu *Prototipe*, dan tiga variabel dependen, yaitu Efisiensi Waktu, Efisiensi Biaya dan Peningkatan Mutu.

**Tabel 1.** Definisi Operasional

| Variabel                                                                                                                                                                                                                                                       | Elemen                                                                                                                                                           | Indikator                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prototipe (X)<br>merupakan penerapan desain dan metode pelaksanaan konstruksi yang telah distandarisasi untuk digunakan secara berulang dalam pembangunan gedung RKB Madrasah guna meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek dari aspek waktu, biaya, dan mutu | Standardisasi desain berkaitan dengan keseragaman gambar kerja, spesifikasi teknis, serta bentuk bangunan yang digunakan secara berulang dalam proyek konstruksi | Untuk mengukur variabel prototipe, peneliti menggunakan beberapa indikator pernyataan yang dikembangkan dari<br>1. Penerapan prototipe membuat desain bangunan lebih seragam.<br>2. Prototipe mempermudah pemahaman gambar kerja konstruksi. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                | Kemudahan pelaksanaan berkaitan dengan kemudahan metode kerja, pelaksanaan teknis, serta koordinasi pekerjaan di lapangan.                                       | 1. Penggunaan prototipe mempermudah pelaksanaan pekerjaan konstruksi.<br>2. Penggunaan prototipe mempermudah koordinasi antar pelaksana proyek.                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                | Efektivitas Metode Kerja berkaitan dengan kemampuan sistem kerja                                                                                                 | 1. Penggunaan prototipe mengurangi revisi pekerjaan di lapangan.                                                                                                                                                                             |

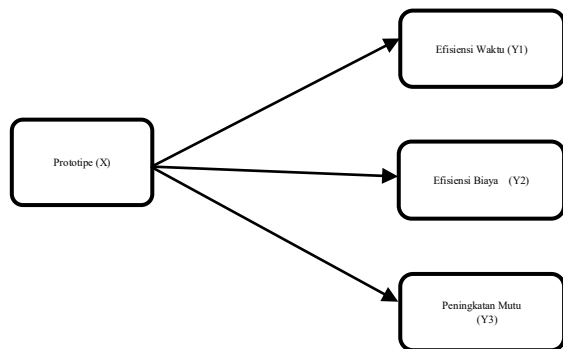
|                      |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | dalam mengurangi revisi pekerjaan, kesalahan pelaksanaan, dan pekerjaan ulang.                                                                                                  | 2. Penggunaan prototipe mengurangi kesalahan pekerjaan konstruksi.                                                                                                                                                                            |
|                      | Konsistensi Hasil Pekerjaan berkaitan dengan keseragaman kualitas pekerjaan konstruksi yang dihasilkan.                                                                         | 1. Hasil pekerjaan konstruksi menjadi lebih konsisten dengan penggunaan prototipe.<br>2. Penggunaan prototipe meningkatkan kualitas hasil pekerjaan konstruksi.                                                                               |
|                      | Kemudahan Pengendalian Proyek berkaitan dengan kemudahan monitoring, evaluasi, dan pengawasan proyek konstruksi                                                                 | 1. Prototipe mempermudah pengawasan pelaksanaan proyek.<br>2. Penggunaan prototipe mempermudah evaluasi pekerjaan konstruksi.                                                                                                                 |
| Efisiensi Waktu (Y1) | Efisiensi Waktu merupakan kemampuan proyek konstruksi dalam menyelesaikan pekerjaan sesuai jadwal yang telah direncanakan atau lebih cepat tanpa mengurangi kualitas pekerjaan. | Untuk mengukur variabel efisiensi waktu, peneliti menggunakan beberapa indikator pernyataan dari.<br>1. Pelaksanaan proyek selesai sesuai jadwal yang direncanakan.<br>2. Penggunaan prototipe mempercepat penyelesaian pekerjaan konstruksi. |
|                      | Produktivitas Pekerjaan berkaitan dengan efektivitas tenaga kerja dalam menyelesaikan pekerjaan proyek                                                                          | 1. Produktivitas tenaga kerja meningkat dengan adanya prototipe.<br>2. Pekerjaan konstruksi menjadi lebih teratur dan sistematis.                                                                                                             |
|                      | Pengurangan Keterlambatan berkaitan dengan minimnya hambatan                                                                                                                    | 1. Keterlambatan pekerjaan dapat diminimalkan dengan                                                                                                                                                                                          |

|                      |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | pekerjaan yang menyebabkan keterlambatan proyek                                                                                                                            | penggunaan prototipe.<br>2. Revisi pekerjaan tidak banyak mempengaruhi jadwal proyek.                                                                                                                                     |
|                      | Kecepatan Penyelesaian Pekerjaan berkaitan dengan percepatan durasi pekerjaan konstruksi                                                                                   | 1. Waktu pelaksanaan proyek menjadi lebih efektif.<br>2. Durasi pelaksanaan proyek menjadi lebih singkat dengan penggunaan prototipe.                                                                                     |
| Efisiensi Biaya (Y2) | Efisiensi biaya merupakan kemampuan proyek dalam mengendalikan penggunaan anggaran sehingga biaya pelaksanaan proyek tidak melebihi rencana anggaran yang telah ditetapkan | Pengendalian Anggaran berkaitan dengan kemampuan proyek menjaga realisasi biaya sesuai rencana anggaran biaya (RAB)                                                                                                       |
|                      |                                                                                                                                                                            | Untuk mengukur variabel efisiensi biaya, peneliti menggunakan indikator pernyataan dari<br>1. Pelaksanaan proyek sesuai dengan anggaran yang direncanakan.<br>2. Penggunaan prototipe membantu pengendalian biaya proyek. |
|                      | Efisiensi Penggunaan Material berkaitan dengan pengurangan pemborosan penggunaan material konstruksi.                                                                      | 1. Penggunaan prototipe mengurangi pemborosan material.<br>2. Pengadaan material menjadi lebih terkontrol dengan penggunaan prototipe.                                                                                    |
|                      | Pengurangan Pemborosan Biaya berkaitan dengan minimnya biaya tambahan akibat kesalahan pekerjaan dan revisi pekerjaan                                                      | 1. Biaya tambahan pekerjaan dapat diminimalkan.<br>2. Penggunaan prototipe mengurangi biaya revisi pekerjaan.                                                                                                             |
|                      | Efektivitas Penggunaan Sumber Daya berkaitan dengan optimalisasi penggunaan tenaga kerja, alat, dan sumber daya proyek lainnya                                             | 1. Penggunaan tenaga kerja menjadi lebih efisien.<br>2. Penggunaan alat kerja menjadi lebih efektif dengan adanya prototipe.                                                                                              |

|                       |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Peningkatan Mutu (Y3) | Peningkatan mutu merupakan tingkat keberhasilan proyek konstruksi dalam menghasilkan pekerjaan yang sesuai dengan spesifikasi teknis, standar kualitas, dan kebutuhan pengguna bangunan. | Kesesuaian Spesifikasi Teknis berkaitan dengan tingkat kesesuaian hasil pekerjaan terhadap standar teknis proyek. | Untuk mengukur variabel peningkatan mutu, peneliti menggunakan indikator pernyataan dari:<br>1. Hasil pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis proyek.<br>2. Penggunaan prototipe meningkatkan kesesuaian hasil pekerjaan konstruksi. |
|                       |                                                                                                                                                                                          | Kualitas Hasil Pekerjaan berkaitan dengan kualitas finishing dan hasil akhir pekerjaan konstruksi.                | 1. Kualitas hasil konstruksi menjadi lebih baik dengan penggunaan prototipe.<br>2. Kerapihan hasil pekerjaan meningkat dengan penggunaan prototipe.                                                                                     |
|                       |                                                                                                                                                                                          | Pengurangan Cacat Pekerjaan berkaitan dengan minimnya kesalahan pekerjaan dan pekerjaan ulang (rework)            | 1. Tingkat kesalahan pekerjaan dapat diminimalkan.<br>2. Pekerjaan ulang (rework) menjadi lebih sedikit dengan penggunaan prototipe.                                                                                                    |
|                       |                                                                                                                                                                                          | Kepuasan terhadap Hasil Pekerjaan berkaitan dengan tingkat kepuasan terhadap kualitas hasil konstruksi            | 1. Pengguna bangunan merasa puas terhadap hasil pekerjaan konstruksi.<br>2. Standar mutu proyek lebih mudah dicapai dengan penggunaan prototipe.                                                                                        |

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan SEM (*Structural Equation Modeling*) yang merupakan teknik statistik multivariat generasi kedua untuk menguji hubungan kompleks antar variabel laten. Pada penelitian ini, akan diawali dengan pengujian statistik deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis karakteristik dari masing-masing variabel pada penelitian ini sebelum melakukan pengujian utama. Selanjutnya Uji Outher Model

yang terdiri dari uji validitas konvergen, uji validitas diskriminan, dan uji kolinearitas outer model. Selanjutnya uji struktur model yang terdiri dari uji R Square dan uji hipotesis.



**Gambar 1.** Kerangka Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistik deskriptif merupakan teknik analisis yang berfungsi untuk merangkum dan menggambarkan karakteristik data yang telah dikumpulkan secara apa adanya, tanpa dimaksudkan untuk melakukan inferensi atau generalisasi terhadap populasi.

**Tabel 1.** Statistik Deskriptif Variabel Prototipe

|            | Missing | Mean  | Median | Min   | Max   | Std. Dev | Excess Kurtosis | Skewness |
|------------|---------|-------|--------|-------|-------|----------|-----------------|----------|
| <b>P1</b>  | 0.000   | 4.539 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.685    | 8.379           | -2.284   |
| <b>P2</b>  | 0.000   | 4.591 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.620    | 7.520           | -2.083   |
| <b>P3</b>  | 0.000   | 4.539 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.594    | 6.524           | -1.657   |
| <b>P4</b>  | 0.000   | 4.468 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.722    | 5.909           | -1.922   |
| <b>P5</b>  | 0.000   | 4.494 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.758    | 5.457           | -2.010   |
| <b>P6</b>  | 0.000   | 4.416 | 5.000  | 2.000 | 5.000 | 0.690    | 0.703           | -1.008   |
| <b>P7</b>  | 0.000   | 4.390 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.732    | 2.281           | -1.263   |
| <b>P8</b>  | 0.000   | 4.545 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.646    | 5.888           | -1.853   |
| <b>P9</b>  | 0.000   | 4.370 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.738    | 2.064           | 1.206    |
| <b>P10</b> | 0.000   | 4.442 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.712    | 5.458           | -1.757   |
| <b>P11</b> | 0.000   | 4.429 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.692    | 6.076           | -1.760   |

Sumber: Hasil pengolahan data Smart PLS 3.0

Luaran statistik deskriptif pada penelitian ini menunjukkan bahwa mayoritas responden pada variabel X (Prototipe) mengisi kuesioner dengan skor rata-rata tiap indikator adalah 4.53, 4.59, 4.53, 4.46, 4.49, 4.41, 4.39, 4.54, 4.37, 4.44, 4.42 dan mendekati nilai maksimal (5.00).

**Tabel 2.** Statistik Deskriptif Variabel Efisiensi Waktu

|            | Missing | Mean  | Median | Min   | Max   | Std. Dev | Excess Kurtosis | Skewness |
|------------|---------|-------|--------|-------|-------|----------|-----------------|----------|
| <b>EW1</b> | 0.000   | 4.214 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.797    | 1.635           | -1.105   |
| <b>EW2</b> | 0.000   | 4.253 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.752    | 0.404           | -0.827   |
| <b>EW3</b> | 0.000   | 4.175 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.782    | -0.436          | -0.567   |
| <b>EW4</b> | 0.000   | 4.422 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.642    | 1.198           | -0.966   |
| <b>EW5</b> | 0.000   | 4.221 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.758    | 0.235           | -0.757   |
| <b>EW6</b> | 0.000   | 4.058 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.870    | 1.080           | -0.952   |
| <b>EW7</b> | 0.000   | 4.344 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.706    | 2.567           | -1.165   |
| <b>EW8</b> | 0.000   | 4.130 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.851    | 0.855           | -0.956   |

Sumber: Hasil pengolahan data Smart PLS 3.0

Pengujian statistik deskriptif pada variabel Y1 (Efisiensi Waktu) menunjukkan nilai rata-rata (mean) pada 8 indikator akses sebesar 4.21, 4.25, 4.17, 4.42, 4.22, 4.05, 4.34, 4.13, dan nilai tersebut hampir mendekati nilai maksimum 5.00. Hasil tersebut menunjukkan bahwa responden lebih cenderung menjawab pernyataan yang mendekati nilai maksimal (5.00). Namun, responden juga memberikan jawaban yang bervariasi terlihat dari standar deviasi yang menunjukkan variasi signifikan terhadap nilai rata-rata (mean).

**Tabel 3.** Statistik Deskriptif Variabel Efisiensi Biaya

|            | Missing | Mean  | Median | Min   | Max   | Std. Dev | Excess Kurtosis | Skewness |
|------------|---------|-------|--------|-------|-------|----------|-----------------|----------|
| <b>EB1</b> | 0.000   | 4.305 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.767    | 2.005           | -1.196   |
| <b>EB2</b> | 0.000   | 4.312 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.716    | 1.691           | -0.973   |
| <b>EB3</b> | 0.000   | 4.208 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.843    | 0.872           | -1.003   |
| <b>EB4</b> | 0.000   | 4.286 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.762    | 1.255           | -0.982   |
| <b>EB5</b> | 0.000   | 4.260 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.754    | 0.899           | -0.840   |
| <b>EB6</b> | 0.000   | 4.247 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.741    | -0.283          | -0.627   |
| <b>EB7</b> | 0.000   | 4.234 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.745    | 1.325           | -0.886   |
| <b>EB8</b> | 0.000   | 4.305 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.759    | 0.122           | -0.849   |

Sumber: Hasil pengolahan data Smart PLS 3.0

Pengujian statistik deskriptif pada variabel Y3 (Efisiensi Biaya) menunjukkan nilai mean pada 8 indikator akses sebesar 4.30, 4.31, 4.20, 4.28, 4.26, 4.24, 4.23 dan 4.31. Nilai mean pada variabel Y3 hampir mendekati nilai maksimal sebesar 5.00. Hasil tersebut menunjukkan bahwa responden lebih cenderung menjawab pernyataan yang mendekati nilai maksimal atau 5.00. Namun, responden juga banyak memberikan jawaban yang bervariasi terlihat dari sebaran data melalui standar deviasi.

**Tabel 4.** Statistik Deskriptif Variabel Efisiensi Biaya

|     | Missing | Mean  | Median | Min   | Max   | Std. Dev | Excess Kurtosis | Skewness |
|-----|---------|-------|--------|-------|-------|----------|-----------------|----------|
| EB1 | 0.000   | 4.506 | 5.000  | 3.000 | 5.000 | 0.616    | -0.250          | -0.865   |
| EB2 | 0.000   | 4.474 | 5.000  | 2.000 | 5.000 | 0.657    | 0.506           | -1.015   |
| EB3 | 0.000   | 4.312 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.660    | -0.048          | -0.579   |
| EB4 | 0.000   | 4.338 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.732    | 0.039           | -0.828   |
| EB5 | 0.000   | 4.344 | 4.000  | 2.000 | 5.000 | 0.697    | 0.361           | -0.823   |
| EB6 | 0.000   | 4.299 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.713    | 1.702           | -0.945   |
| EB7 | 0.000   | 4.357 | 4.000  | 1.000 | 5.000 | 0.690    | -0.143          | -0.730   |
| EB8 | 0.000   | 4.416 | 5.000  | 1.000 | 5.000 | 0.681    | 2.910           | -1.248   |

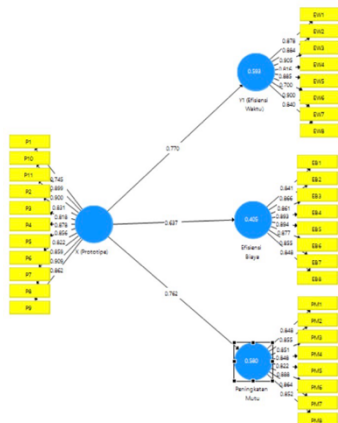
Sumber: Hasil olah data Smart PLS 3.0

Pengujian statistik deskriptif pada variabel Y3 (Peningkatan Mutu) menunjukkan bahwa nilai mean pada delapan indikator akses sebesar 4.50, 4.47, 4.31, 4.33, 4.34, 4.29, 4.35, dan 4.41 atau nilai mean dalam variabel Y3 hampir mendekati nilai maksimal 5.00. Hasil tersebut menunjukkan bahwa responden lebih cenderung menjawab pernyataan yang mendekati nilai maksimal atau 5.00. Namun, responden juga banyak menjawab dengan variasi jawaban yang berbeda-beda dilihat dari tingginya deviasi standar.

### Uji Outer Model

### Uji Validitas Konvergen

Pengujian ini bertujuan memverifikasi bahwa setiap indikator mampu merepresentasikan konstruk latennya secara memadai. Indikator dengan nilai outer loading minimal 0,50 dianggap memiliki validitas yang memadai. [30] Selain itu, validitas konvergen juga dievaluasi melalui Average Variance Extracted (AVE) [31]. Dalam penelitian ini yang menjadi batas minimum *loading factor* yang kita gunakan adalah 0,7. Nilai *loading factor* dari masing-masing indikator dapat ditampilkan seperti yang terdapat pada Tabel 2 berikut dengan pengolahan data menggunakan smart PLS.



**Gambar I.** Hasil Uji Validitas Konvergen

Sumber: Hasil olah data Smart PLS 3.0

Gambar I menunjukkan bahwa seluruh indikator variabel X, Y1, Y2, dan Y3 memiliki nilai outer loading di atas 0,5, sehingga seluruh indikator dinyatakan valid dan lolos uji validitas konvergen.

### Uji Reliabilitas

Evaluasi reliabilitas dilakukan dengan memeriksa nilai Cronbach's Alpha dan nilai composite reliability. Apabila nilai Cronbach's Alpha dan composite reliability melebihi 0,7 serta AVE melampaui 0,5, konstruk dianggap memiliki reliabilitas dan validitas konvergen yang memadai.

**Tabel 5.** Uji Reliabilitas

|                  | Cronbach's Alpha | rho A | Composite Reliability | Average Variance Extracted (AVE) |
|------------------|------------------|-------|-----------------------|----------------------------------|
| Efisiensi Biaya  | 0.953            | 0.959 | 0.960                 | 0.752                            |
| Peningkatan Mutu | 0.947            | 0.948 | 0.956                 | 0.729                            |
| Prototipe        | 0.962            | 0.966 | 0.967                 | 0.729                            |
| Efisiensi Waktu  | 0.946            | 0.951 | 0.955                 | 0.728                            |

Sumber: Hasil olah data Smart PLS 3.0

Data pada tabel di atas mengonfirmasi bahwa seluruh variabel memenuhi standar reliabilitas, mengingat composite reliability masing-masing variabel melebihi 0,7 dan AVE seluruhnya di atas 0,5.

### Uji Validitas Diskriminan

Validitas diskriminan mengevaluasi apakah indikator suatu konstruk benar-benar berbeda dari indikator konstruk lainnya, sehingga layak merepresentasikan konstruk yang bersangkutan. Kriterianya adalah akar kuadrat AVE tiap variabel harus lebih besar daripada korelasi variabel tersebut dengan variabel laten lainnya.

**Tabel 6.** Uji Validitas Diskriminan

|                  | Efisiensi Biaya | Peningkatan Mutu | Prototipe | Efisiensi Waktu |
|------------------|-----------------|------------------|-----------|-----------------|
| Efisiensi Biaya  | 0.867           |                  |           |                 |
| Peningkatan Mutu | 0.798           | 0.854            |           |                 |
| Prototipe        | 0.637           | 0.762            | 0.854     |                 |
| Efisiensi Waktu  | 0.775           | 0.772            | 0.770     | 0.853           |

Sumber: Hasil olah data Smart PLS 3.0

Hasil di atas juga menunjukkan bahwa nilai akar AVE dari masing-masing variabel lebih besar dari nilai korelasinya dengan variabel lain sehingga validitas diskriminannya terpenuhi.

### Uji Kolinearitas

Kolinearitas merujuk pada kondisi korelasi berlebihan antarindikator dalam satu konstruk, yang berdampak pada lemahnya akurasi prediksi model. Deteksi kolinearitas dilakukan melalui nilai VIF

(Variance Inflation Factor). Nilai VIF di bawah 5 mengindikasikan tidak adanya masalah kolinearitas.

### Uji Reliabilitas

**Tabel 7.** Uji Kolinearitas

| Indicator | VIF   |
|-----------|-------|
| P1        | 2.251 |
| P2        | 3.274 |
| P3        | 2.800 |
| P4        | 3.759 |
| P5        | 3.580 |
| P6        | 3.329 |
| P7        | 4.309 |
| P8        | 5.145 |
| P9        | 3.810 |
| P10       | 5.369 |
| P11       | 4.860 |
| EW1       | 3.730 |
| EW2       | 4.115 |
| EW3       | 4.285 |
| EW4       | 2.560 |
| EW5       | 3.606 |
| EW6       | 1.789 |
| EW7       | 4.362 |
| EW8       | 3.077 |
| EB1       | 2.953 |
| EB2       | 3.583 |
| EB3       | 3.805 |
| EB4       | 4.406 |
| EB5       | 4.515 |
| EB6       | 3.640 |
| EB7       | 3.656 |
| EB8       | 3.180 |
| PM1       | 3.113 |
| PM2       | 3.404 |
| PM3       | 3.311 |
| PM4       | 3.556 |
| PM5       | 2.687 |
| PM6       | 3.933 |
| PM7       | 3.767 |
| PM8       | 3.660 |

Sumber: Hasil olah data Smart PLS 3.0

Berdasarkan hasil uji di atas dapat dilihat bahwa terdapat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) yang lebih besar dari 5 sehingga model mengalami masalah kolinearitas.

### Uji Structural Model

#### Uji R Square

R Square mengukur proporsi varians variabel endogen yang mampu dijelaskan oleh variabel eksogennya. Nilai R Square sebesar 0.67 (kuat), 0.33 (moderat) dan 0.19 (lemah). Adapun kriteria lainnya seperti nilai R Square sebesar 0.75 (kuat), 0.50 (sedang), dan 0.25 (lemah).

**Tabel 8.** Uji R Square

|                  | R Square | R Square Adjusted |
|------------------|----------|-------------------|
| Efisiensi Biaya  | 0.405    | 0.402             |
| Peningkatan Mutu | 0.580    | 0.577             |
| Efisiensi Waktu  | 0.593    | 0.590             |

Sumber: Hasil olah data Smart PLS 3.0

Tabel 8 menunjukkan R Square Adjusted sebesar 0,402 untuk Efisiensi Biaya, 0,577 untuk Peningkatan Mutu, dan 0,590 untuk Efisiensi Waktu. Dengan kata lain, prototipe mampu menjelaskan 40% variasi efisiensi biaya, 58% variasi peningkatan mutu, dan 59% variasi efisiensi waktu, yang ketiganya termasuk kategori moderat. Sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar model penelitian ini.

### Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan berdasarkan koefisien jalur (path coefficient) yang mengindikasikan arah dan besaran pengaruh antar variabel.

Hasil uji menunjukkan bahwa koefisien jalur positif menandakan hubungan searah: kenaikan variabel X diikuti kenaikan variabel Y. Sebaliknya, koefisien negatif menunjukkan hubungan berlawanan arah antara kedua variabel. Selain itu, P-value di bawah 0,05 mengonfirmasi signifikansi hubungan, sedangkan nilai di atas 0,05 menunjukkan hubungan tidak signifikan.

**Tabel 9.** Uji Hipotesis

|                               | Original Sampel (O) | Sample Mean (M) | Standard Deviation (STDEV) | T Statistics | P value |
|-------------------------------|---------------------|-----------------|----------------------------|--------------|---------|
| Prototipe-> Efisiensi Biaya   | 0.637               | 0.636           | 0.074                      | 8.555        | 0.000   |
| Prototipe -> Peningkatan Mutu | 0.762               | 0.763           | 0.056                      | 13.714       | 0.000   |
| Prototipe-> Efisiensi Waktu   | 0.770               | 0.765           | 0.045                      | 17.046       | 0.000   |

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 3.0

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 4.1, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pengujian X terhadap Y1 menghasilkan P-value 0,000 (signifikan) dengan koefisien 0,770. Artinya, peningkatan penerapan prototipe secara signifikan meningkatkan efisiensi waktu.
- Pengujian X terhadap Y2 menghasilkan P-value 0,000 (signifikan) dengan koefisien 0,637; artinya peningkatan penerapan prototipe secara signifikan meningkatkan efisiensi biaya.
- Pengujian X terhadap Y3 menghasilkan P-value 0,000 (signifikan) dengan koefisien 0,762; artinya peningkatan penerapan

prototipe secara signifikan meningkatkan mutu konstruksi.

### **Pengaruh Prototipe terhadap Efisiensi Waktu**

Hasil pengolahan data mengonfirmasi bahwa prototipe berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi waktu konstruksi ( $P\text{-value} = 0,000$ ; koefisien = 0,770), sehingga hipotesis pertama penelitian terkonfirmasi. Mekanisme pengaruhnya beroperasi melalui klarifikasi desain di fase awal: ketersediaan acuan rancangan baku menekan kebutuhan revisi dokumen teknis dan mengakselerasi proses pelaksanaan di lapangan, sehingga mengurangi kebutuhan revisi dan mempercepat proses pelaksanaan. Hasil penelitian ini juga membenarkan teori produktivitas konstruksi yang menyatakan bahwa peningkatan produktivitas akan berdampak langsung pada efisiensi waktu proyek. Produktivitas yang tinggi memungkinkan pekerjaan diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat dengan penggunaan sumber daya yang optimal. Kontribusi prototipe terhadap produktivitas tercermin dari tersedianya acuan kerja yang baku sehingga variasi pelaksanaan di lapangan dapat ditekan. Teori koordinasi proyek menjelaskan bahwa komunikasi yang efektif antar pemangku kepentingan sangat berpengaruh terhadap efisiensi waktu.

Temuan ini berkoherensi dengan studi Chen et al. yang mendokumentasikan bagaimana konstruksi modular berbasis BIM dalam proyek darurat pembangunan rumah sakit COVID-19 mampu memangkas siklus perencanaan dan konstruksi secara drastis, karena sebagian besar komponen bangunan telah terstandarisasi, sehingga beban kerja lapangan berkurang dan durasi konstruksi menjadi jauh lebih singkat. Demikian pula dengan penelitian yang menemukan bahwa penerapan konstruksi terindustrialisasi, termasuk sistem modular dan prefabrikasi, berkontribusi terhadap efisiensi waktu proyek karena sebagian pekerjaan dapat dilakukan secara terstandar dan paralel di luar lokasi proyek, sehingga durasi konstruksi dapat berkurang dibandingkan metode konvensional. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan prototipe dalam pembangunan Ruang Kelas Belajar (RKB) madrasah berpengaruh terhadap efisiensi waktu karena desain bangunan yang digunakan telah tersedia dalam bentuk standar, sehingga proses perencanaan tidak lagi dimulai dari awal untuk setiap lokasi pembangunan. Prototipe membantu mempercepat penyusunan dokumen teknis,

mempermudah pemahaman gambar kerja, serta mengurangi potensi revisi desain selama pelaksanaan proyek. Dengan adanya desain yang seragam dan telah direviu sebelumnya, koordinasi antara perencana, pelaksana, pengawas, dan satuan kerja menjadi lebih efektif. Kondisi ini berdampak pada berkurangnya waktu tunggu, minimnya pekerjaan ulang, serta percepatan proses pelaksanaan konstruksi. Oleh karena itu, penerapan prototipe dapat dipandang sebagai strategi yang mampu meningkatkan efisiensi waktu dalam pembangunan RKB madrasah, terutama pada proyek yang bersifat berulang dan tersebar di berbagai wilayah.

### **Pengaruh Prototipe terhadap Efisiensi Biaya**

Pengujian hipotesis kedua menghasilkan temuan bahwa prototipe berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi biaya konstruksi ( $P\text{-value} = 0,000$ ; koefisien = 0,637), sehingga hipotesis kedua penelitian ini diterima. Pengaruh ini bekerja melalui mekanisme reduksi waste anggaran: tersedianya desain yang jelas dan siap diterapkan menekan kebutuhan revisi biaya, memperkecil ketidakpastian estimasi, dan memangkas pekerjaan ulang yang menguras anggaran. Hasil penelitian ini juga membenarkan teori *Lean Construction* yang menekankan pentingnya menghilangkan pemborosan atau *waste* dalam proyek konstruksi. Pemborosan biaya dapat muncul dalam bentuk penggunaan material berlebih, pekerjaan ulang (*rework*), waktu tunggu, kesalahan pelaksanaan, dan koordinasi yang tidak efektif.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang menemukan bahwa penerapan metode konstruksi modular berpengaruh positif terhadap efisiensi biaya proyek bangunan. Efisiensi tersebut terjadi karena penggunaan desain dan metode konstruksi yang terstandarisasi mampu mengurangi pemborosan material, menekan biaya revisi pekerjaan, serta meningkatkan efektivitas penggunaan sumber daya proyek. Demikian pula, penelitian yang menunjukkan bahwa konstruksi modular mampu meningkatkan efisiensi biaya melalui pengurangan pekerjaan ulang, penurunan pemborosan material, dan penggunaan proses konstruksi yang lebih terstandar. Prinsip yang sama berlaku pada konteks RKB madrasah: ketersediaan desain standar yang dapat direplikasi memungkinkan pengendalian biaya perencanaan, revisi, dan pelaksanaan yang jauh lebih ketat. Dalam pembangunan RKB madrasah, prototipe berkontribusi pada efisiensi biaya karena desain

yang dipakai telah dikembangkan secara baku dan dapat diimplementasikan berulang di beragam lokasi. Keberadaan prototipe menjadikan proses perencanaan lebih terfokus, volume material lebih mudah diprediksi, dan potensi perubahan desain selama konstruksi dapat ditekan. Kondisi ini membantu mengurangi biaya tambahan akibat revisi pekerjaan, kesalahan pelaksanaan, pemborosan material, dan pekerjaan ulang (*rework*). Selain itu, prototipe juga mempermudah pengendalian anggaran karena spesifikasi teknis dan volume pekerjaan telah lebih jelas sejak awal. Oleh karena itu, penerapan prototipe dapat menjadi strategi yang efektif dalam menekan pemborosan biaya dan meningkatkan efisiensi penggunaan anggaran pada pembangunan RKB madrasah.

### **Pengaruh Prototipe terhadap Peningkatan Mutu**

Uji hipotesis ketiga mengonfirmasi bahwa prototipe berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan mutu konstruksi ( $P\text{-value} = 0,000$ ; koefisien = 0,762). Dengan demikian, hipotesis ketiga penelitian ini diterima. Pengaruh prototipe terhadap mutu dijalankan melalui penyediaan desain yang telah divalidasi terhadap SNI dan standar teknis bangunan gedung, sehingga desain tersebut dapat direplikasi secara konsisten di berbagai lokasi sambil meminimalkan peluang kesalahan pelaksanaan dan meningkatkan keseragaman kualitas hasil konstruksi. Temuan ini mendapat dukungan dari teori standarisasi desain Gibb, yang menegaskan bahwa penerapan desain terstandar secara sistematis meningkatkan konsistensi mutu dan menekan angka kesalahan konstruksi. Prototipe merupakan bentuk implementasi dari standarisasi desain yang memungkinkan hasil konstruksi yang seragam dan sesuai spesifikasi. Teori Lean construction juga menekankan pada peningkatan nilai (*value*) dan pengurangan pemborosan yang dapat mempengaruhi mutu.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penerapan pendekatan modular dalam konstruksi mampu meningkatkan mutu dimensional bangunan dan mengurangi pekerjaan ulang melalui penggunaan desain yang terukur, terdokumentasi, dan dapat dibandingkan dengan hasil aktual di lapangan. Temuan ini mendukung bahwa prototipe dalam pembangunan RKB madrasah dapat meningkatkan mutu konstruksi karena desain dan spesifikasi teknis telah distandarkan sejak tahap perencanaan. Demikian pula dengan penelitian yang menegaskan

bahwa proses desain terintegrasi pada proyek konstruksi modular mampu mengurangi kesalahan desain dan pekerjaan ulang karena informasi teknis telah disusun secara lebih jelas sejak tahap awal. Dalam setting RKB madrasah, standarisasi desain melalui prototipe berpotensi meningkatkan mutu karena desain, spesifikasi, dan metode pelaksanaan telah distandarkan sehingga hasil pekerjaan menjadi lebih konsisten dan sesuai standar teknis. Hal ini sejalan dengan penggunaan prototipe dalam pembangunan Ruang Kelas Belajar (RKB) madrasah yang berpengaruh terhadap peningkatan mutu/kualitas, sebab desain yang digunakan telah disusun berdasarkan standar teknis yang jelas dan dapat diterapkan secara konsisten pada berbagai lokasi pembangunan. Prototipe membantu memastikan bahwa setiap komponen bangunan, mulai dari struktur, material, dimensi ruang, sistem utilitas, hingga aspek keselamatan dan kenyamanan, dirancang sesuai ketentuan yang berlaku. Dengan adanya desain yang terstandarisasi, potensi kesalahan pelaksanaan, ketidaksesuaian spesifikasi, dan pekerjaan ulang (*rework*) dapat diminimalkan. Selain itu, prototipe juga mempermudah proses pengawasan dan pengendalian mutu karena hasil pekerjaan dapat dibandingkan langsung dengan standar desain yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, penerapan prototipe dapat mendorong peningkatan mutu pembangunan RKB madrasah agar lebih seragam, aman, fungsional, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna bangunan.

### **KESIMPULAN**

Penelitian ini mengkaji kontribusi penerapan prototipe terhadap kinerja konstruksi pembangunan RKB Madrasah, dengan prototipe sebagai variabel independen dan efisiensi waktu, efisiensi biaya, serta peningkatan mutu sebagai variabel dependen yang diuji. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Prototipe terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi waktu (koefisien = 0,770;  $p = 0,000$ ). Setiap peningkatan intensitas penerapan prototipe berkontribusi pada percepatan pelaksanaan proyek melalui penyediaan panduan kerja yang jelas dan pengurangan variasi pekerjaan di lapangan.
2. Prototipe berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi biaya (koefisien = 0,637;  $p = 0,000$ ). Ketersediaan desain yang terstandar dan siap diterapkan membantu menekan berbagai sumber pemborosan anggaran, termasuk biaya revisi, kesalahan pelaksanaan, dan *rework*.

3. Prototipe berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan mutu (koefisien = 0,762; p = 0,000). Desain yang telah divalidasi terhadap standar teknis dan dapat direplikasi secara

konsisten terbukti mengurangi angka kesalahan pelaksanaan dan meningkatkan keseragaman kualitas hasil konstruksi di berbagai lokasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budianto, E. A., & Husin, A. E. (2021). Analisis optimasi waktu dan biaya dengan metode time cost trade off pada proyek gudang amunisi, *19*, 305–310.
- Chen, L., Yuan, R., Ji, X., Lu, X., Xiao, J., & Tao, J. (2021). Modular composite building in urgent emergency engineering projects: A case study of accelerated design and construction of Wuhan Thunder God Mountain/Leishenshan hospital to COVID-19 pandemic. *Automation in Construction*, *124*, 103555.
- Chin, W. W. (1998). *The partial least squares approach to structural equation modeling*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Chukwu, E., & Garg, A. L. (2020). A systematic review of blockchain in healthcare: Frameworks, prototypes, and implementations. *IEEE Access*, *8*.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2020). *BIM handbook: A guide to building information modeling*.
- Fadila, R. N., Lutfiani, E. A., Ramadiani, I. S., & Veronika, N. (2020). Efektivitas pengelolaan sumber daya sekolah dalam meningkatkan mutu pendidikan, *8*(1), 81–88.
- Fahlevi, R., Manurung, E., & Purba, A. (2025). The influence of implementing modular construction methods on time and cost efficiency in building construction projects. *International Journal of Multidisciplinary Research and Literature*, *4*, 104–113.
- Fathoni, A. N., & Oktiawati, U. Y. (2021). Blackbox testing terhadap prototipe sistem monitoring kualitas air berbasis IoT (Blackbox testing on prototype of a water quality monitoring system based on IoT), *10*(4), 362–368.
- Firdaus, W., & Witjaksana, B. (2023). Analysis of project time control using the Line of Balance (LOB) method on the Central Park Middle East Ringroad Housing Project. *Journal of Scientific Research and Development*, *5*(2), 851–865.
- Flyvbjerg, B. (Ed.). (2017). *The Oxford handbook of megaproject management*. Oxford University Press.
- Gibb, A. G. F. (1999). *Off-site fabrication: Prefabrication, pre-assembly and modularisation*. John Wiley & Sons.
- Gutterres, M., Dettmer, A., Amaral, L. A., Souza, F. R., & De Sousa, M. F. (2009). *Applications of biotechnology in leather*.
- Hair, J. F. (2010). *Investigación de mercados*.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis*.
- Hanna, A. S., Russell, J. S., Gotzian, T. W., & Nordheim, E. V. (1999). Impact of change orders on labor efficiency for mechanical construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, *125*(3), 176–184.
- Hardiyanto, D. P., Istaryatiningtias, El Khuluqo, I., & Sandra, I. (2025). Analisis perencanaan berbasis data untuk peningkatan mutu sekolah dasar swasta, *4*, 468–476.
- Hwang, B.-G., & Ng, W. J. (2013). Project management knowledge and skills for green construction: Overcoming challenges. *International Journal of Project Management*, *31*(2), 272–284.
- Hyun, H., Kim, H., Lee, H.-S., Park, M., & Lee, J. (2020). Integrated design process for modular construction projects to reduce rework. *Sustainability*, *12*(2), 530.
- Jarkas, A. M., & Bitar, C. G. (2018). Factors affecting construction labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, *138*(7), 811–820.
- Jusmani, J., & Oktariansyah, O. (2021). Activity based management sebagai instrumen bagi manajemen dalam efisiensi biaya. *Jurnal Media Wahana Ekonomika*, *18*(3), 377–386.
- Kadir, M. R., Lee, W. P., Jaafar, M. S., Sapuan, S. M., & Ali, A. A. A. (2006). Construction performance comparison between conventional and industrialised building systems in Malaysia. *Structural Survey*, *24*(5), 412–424.
- Kementerian Agama RI. (2023). *Data defisit ruang pendidikan madrasah nasional*.
- Kerzner, H. (2025). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Koskela, L. (2020). Lean construction theory: Past, present and future. *Engineering Project Organization Journal*, *10*(1), 1–15.
- Latifah, P., Haryati, T., & Wiyono, N. (2024). Aspek dinamika manajemen mutu dalam konteks pendidikan. *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, *4*(2), 107–114.

- Lawdy, D. V., et al. (2025). Analisis efisiensi biaya bekisting konvensional dan full system menggunakan metode rekayasa nilai, *10*(2).
- Mahamid, I. (2021). Effects of design quality on delay in residential construction projects. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, *28*(1), 118–129.
- Noor, T. R., & Islamiya, I. (2023). Analisis faktor manajemen peningkatan mutu lembaga pendidikan Islam. *EDUSIANA: Jurnal Manajemen dan Pendidikan Islam*, *10*(2), 124–138.
- Nugroho, M. I. P., & Suwarno, J. (2024). Implementasi metode prototipe dalam perancangan sistem penerimaan peserta didik baru. *SAINSTECH: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, *34*(2), 65–74.
- Nugroho, R. (2024). Comparative analysis of educational development strategies in emerging economies. *Advances Jurnal Ekonomi Bisnis*, *2*(3), 174–185.
- Oakland, J. S. (2014). *Total quality management and operational excellence: Text with cases*. Routledge.
- Olawale, Y., & Sun, M. (2018). Cost and time control of construction projects. *Construction Management and Economics*, *28*(5), 509–526.
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (pp. 23–38).
- Rahman, I. A., Memon, A. H., Karim, A. T. A., & Tarmizi, A. (2013). Significant factors causing cost overruns in large construction projects in Malaysia. *Journal of Applied Sciences*, *13*(2), 286–293.
- Rahmawan, S., & Rahayu, D. S. (2023). Bibliometric methods: Analysis of the development potential of ethnoscience-based science literacy modules in chemistry learning. *Indonesian Journal of Science Education*, *7*(2), 45–56.
- Rausch, C., Edwards, C., & Haas, C. (2020). Benchmarking and improving dimensional quality on modular construction projects—A case study, *1*(1), 2–21.
- Rofik, A. K., Sagirani, T., & Wulandari, S. H. E. (2020). Desain prototipe pada startup Talentku menggunakan metode Lean UX (Startup prototype design for Talentku using the lean UX method). *Jurnal Teknologi dan Terapan Bisnis*, *3*(2), 49–59.
- Rojas-Herrera, C., Martínez-Soto, A., Avendaño-Vera, C., & Carrasco, R. C. (2025). Industrialized construction: A systematic review of its benefits and guidelines for the development of new constructive solutions applied in sustainable projects, 1–30.
- Sari, L. A., & Fauzi, A. (2023). Analisa efisiensi biaya persediaan menggunakan metode deterministik dinamis. *Jurnal Akuntansi dan Manajemen*.
- Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif serta R&D*.
- Zohourian, M., Pamidimukkala, A., Kermanshachi, S., & Almaskati, D. (2025). Modular construction: A comprehensive review. *Buildings*, *15*(12), 2020.