

Cost Overrun Akibat Desain, Estimasi, dan Rework Setelah Implementasi Konstruksi Digital Pada Kinerja Biaya Konstruksi Gedung Indonesia

Bagus Prima Anugerah^{1,*}, Mawardi Amin¹, Agus Suroso¹

Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jakarta¹

Koresponden*, Email: bagusprimaa@yahoo.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	05 Desember 2021	<i>Cost overrun which is directly related to cost performance is still a phenomenon in building construction activities until now. Many variables cause cost overrun, such as site conditions, designs, estimates, job changes, job repairs, job complexity, economic conditions, price fluctuations, inflation, even natural and weather conditions, etc. Of these many factors, there are several variables that can be overcome by digitizing which is now known as the implementation of how digital construction works. This study analyzes the addition of cost performance due to three variables causing cost overrun (design, estimation, repair work) after digitizing. Analysis using SPSS with Multiple Linear Regression Model. Results, with the majority of respondents from 85.5% contractors and 5.5% consultants showing that after digitization the cost overrun was reduced to below 1% dominant in total production costs, material costs, and wage costs</i>
Diperbaiki	05 April 2022	
Disetujui	05 April 2022	

Keywords: cost overrun, digitalization, multiple linear regression, cost performance

Abstrak

Cost overrun yang berhubungan langsung dengan kinerja biaya masih menjadi fenomena dalam kegiatan konstruksi gedung sampai dengan saat ini. Banyak variabel penyebab *cost overrun*, seperti kondisi site, desain, estimasi, perubahan pekerjaan, perbaikan pekerjaan, kompleksitas pekerjaan, kondisi ekonomi, fluktuasi harga, inflasi, bahkan kondisi alam serta cuaca, dll. Dari sekian banyak faktor tersebut terdapat beberapa variabel yang dapat diatasi dengan digitalisasi, sekarang dikenal dengan implementasi cara kerja konstruksi digital. Penelitian ini menganalisis penambahan kinerja biaya akibat tiga variabel penyebab *cost overrun* (desain, estimasi, *rework*/perbaikan pekerjaan) setelah implementasi konstruksi digital. Analisa menggunakan SPSS dengan Model Regresi Linier Berganda dan RII. Hasil penelitian ini pada konstruksi gedung Indonesia, dengan mayoritas responden dari kontraktor 85,5%, dan konsultan 5,5% menunjukkan bahwa setelah digitalisasi *cost overrun* yang terjadi sampai dengan dibawah 1% dominan pada total biaya produksi, biaya bahan, dan biaya upah.

Kata kunci: *cost overrun*, digitalisasi, regresi linier berganda, kinerja biaya

1. Pendahuluan

Kinerja konstruksi diukur dengan tiga faktor utama yang saling terkait dan mempengaruhi, yaitu kinerja biaya, mutu, dan waktu. Ketiga faktor utama ini mempunyai kriteria target dan batasannya masing-masing, saling mempengaruhi, dan memiliki peranan yang penting. Proyek yang berhasil dapat dinilai dengan kemampuan pencapaian faktor-faktor tersebut sesuai, bahkan melebihi dari rencana yang telah ditetapkan. Kinerja biaya yang lebih kecil dari rencana dengan harga kompetitif, penyelesaian proyek dengan tepat waktu, serta pemenuhan mutu sesuai dengan yang dipersyaratkan menjadi kunci sukses pengelolaan proyek yang ada.

Cost overrun/penambahan biaya masih menjadi fenomena dalam dunia konstruksi terhadap kinerja biaya sampai dengan saat ini. Dari sisi kontraktor *cost overrun* bermakna kerugian dan atau bertambahnya biaya yang berdampak menurunkan laba yang telah direncanakan, dari sisi pemberi

tugas atau pekerjaan (*owner*), *cost overrun* bermakna penambahan anggaran biaya terhadap kontrak kerja yang telah disepakati. Secara umum *cost overrun* berdampak kepada penambahan biaya, sesuatu hal yang sangat dihindari oleh para pelaku usaha pada bidang apapun.

Cost overrun dalam dunia konstruksi masih menjadi masalah umum yang mempengaruhi kinerja [1]. Menurut T. C. Keng dkk, perubahan desain dan keterlambatan merupakan penyebab utama *cost overrun* pada konstruksi gedung, serta diperlukan strategi untuk mengurangi masalah tersebut diantaranya [2]:

1. memastikan proses desain sudah sedetil mungkin,
2. Memastikan perubahan desain sudah mendapat persetujuan para pihak yang terlibat.
3. memastikan informasi atau desain yang detil dan akurat terkait pekerjaan yang rumit atau kompleks,

4. merencanakan jadwal material dengan detail sesuai lingkup pekerjaan.

Lebih dari sepuluh tahun lalu di Malaysia kejadian *cost overrun* sudah mendominasi permasalahan konstruksi yang disebabkan oleh kurang sempurnya estimasi dan biaya dan *underestimate construction cost* oleh Konsultan QS[3].

Desain yang tidak akurat dapat berdampak kepada timbulnya penyimpangan biaya dan biaya perbaikan (*rework*), dimana penyimpangan biaya dan perbaikan ini juga sebagai penyumbang tertinggi atas *cost overrun*. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa biaya perbaikan (*rework*) dapat mencapai 10% dari rencana total biaya [4]. Dari uraian singkat diatas terlihat bahwa desain merupakan hal yang krusial dalam mempengaruhi terjadinya *cost overrun* pada pekerjaan konstruksi

Implementasi konstruksi digital telah berkembang pesat beberapa tahun terakhir pada dunia konstruksi internasional, dan konstruksi Indonesia khususnya. Terlepas pada penerapan yang diterapkan per masing-masing sub bagian fungsi pekerjaan (struktur, arsitektur, interior, mekanikal elektrikal, dll), atau sudah terintegrasi, pencapaian perkembangan konstruksi digital Indonesia cukup menggembirakan.

Tuntutan untuk memberikan kinerja yang baik kepada pemberi tugas atau pekerjaan (*owner*) membuat para pihak terkait (konsultan, kontraktor, dll) berlomba-lomba menggerakkan segala daya upaya untuk senantiasa berkompetisi memberikan hasil kinerja yang terbaik pula, baik dari sisi desain, biaya, mutu, dan waktu. Kecepatan, akurasi, efektif, dan efisien senantiasa menjadi target utama guna memberikan pelayanan serta hasil terbaik.

Cost overrun merupakan fenomena yang masih ada pada pekerjaan konstruksi, sedangkan konstruksi digital tetap terus berkembang dan diharapkan dapat menjadi solusi atas *cost overrun* sekaligus sebagai penyumbang terbesar atas *cost reduction*.

Fungsi lain dari teknologi digital adalah *cost reduction engineering* [5]. Konstruksi digital digadang dapat mengatasi *cost overrun* dengan *modelling* terintegrasinya menghasilkan *cost reduction* yang maksimal berimplikasi kepada peningkatan laba dan kinerja konstruksi.

Dari uraian tersebut diatas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang sering terjadi terkait *cost overrun* dan upaya *cost reduction* melalui konstruksi digital yang telah mulai merubah pola kerja konstruksi gedung saat ini:

1. hampir seluruh pekerjaan konstruksi gedung mengalami penambahan kinerja biaya,
2. belum terintegrasinya koordinasi perencanaan antar lingkup pekerjaan yang saling berkaitan secara langsung (struktur, arsitektur, interior, mekanikal, elektrikal, dll)

berpotensi besar terjadi rework saat pelaksanaan konstruksi,

3. identifikasi detail lingkup dan koordinasi antar pekerjaan (struktur, arsitektur, ME) seringkali tidak jelas atau tidak dapat bersinergi,
4. ketatnya persaingan harga saat proses pemilihan atau tender juga memperbesar potensi *cost overrun* saat pelaksanaan konstruksi, hal ini menuntut proses estimasi serta asumsi perhitungan dengan akurasi yang tinggi, sehingga ketidakakuratan bahkan kesalahan perhitungan tidak terjadi,
5. biaya atas *rework* cukup besar, dan sangat mempengaruhi kinerja biaya,
6. konstruksi digital hadir sebagai upaya *cost reduction* untuk mengurangi kinerja biaya.

Building Information Modelling (BIM) merupakan representasi digital dari karakteristik fisik dan karakter fungsional dari suatu bangunan, dan merupakan salah satu contoh implementasi konstruksi digital. Karena itu, di dalamnya terkandung semua informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan mulai dari konsep hingga demolisi [6]

Hal ini menjadi menarik ketika di Indonesia penggunaan BIM (*Building Information Modelling*), sebagai salah satu implementasi teknologi konstruksi digital, telah diatur dalam regulasi pemerintah yang dituangkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI No. 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara, dimana diwajibkan penggunaan BIM untuk Pekerjaan Bangunan Gedung Negara tidak sederhana dengan luas diatas 2.000 m² dan diatas dua lantai

Penelitian ini berbasis persepsi responden mengenai *cost overrun* yang terjadi akibat implementasi konstruksi digital, dengan tujuan mengetahui *cost overrun* yang terjadi pada variabel desain, estimasi, dan *rework* perbaikan setelah implementasi konstruksi digital pada konstruksi gedung di Indonesia serta peringkat perubahan komponen pembentuk kinerja biaya.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memperkuat regulasi pemerintah tersebut diatas terkait kewajiban penerapan implementasi konstruksi digital, terutama pada tahap desain saat perencanaan oleh Konsultan. Diharapkan kewajiban ini menjadi semakin masif diterapkan, mengingat pentingnya akurasi penganggaran konstruksi diantara seringkali terjadi refokusing anggaran selama masa pandemi ini.

Cost Overrun

Sama dengan Indonesia, di Malaysia *cost overrun* selalu

menjadi permasalahan dalam setiap permasalahan konstruksi dan perubahan desain dan keterlambatan menjadi faktor utama penyebabnya [2], lebih lugas lagi K. Ullah dkk [7], A. H. Memon dkk [8], dan B. P. ISSN [9] menyatakan bahwa proses perencanaan atau desain yang tidak tepat merupakan penyebabnya. C. Series menambahkan perencanaan biaya yang buruk, kesalahan perhitungan volume, kenaikan harga material juga sangat mempengaruhi biaya [10]. Menurut Z. Shehu dkk *cost overrun* yang terjadi selalu melebihi nilai kontrak [11].

M. Gunduz dan O. L. Maki menjelaskan bahwa di Qatar tidak akuratnya perhitungan rencana biaya, serta penjadwalan yang tidak benar dengan kondisi kontrak yang tidak realistis menjadi faktor penyebab utama *cost overrun* [1]. Pada konstruksi gedung di Qatar, *cost overrun* berbanding lurus dengan nilai kontraknya, sedangkan untuk infrastruktur sebaliknya [12]. N. Al-Hazim dkk menjelaskan untuk konstruksi gedung di Jordan disamping kondisi lapangan dan cuaca yang ekstrim, kesalahan desain juga faktor dominan terjadi [13].

Menurut S. Sohu dkk faktor keterlambatan desain juga dapat menyebabkan *cost overrun* di Pakistan [14]. A. S. Rathi and P. V Khandve di India menyimpulkan tidak akuratnya perhitungan volume dan perubahan desain dalam masa konstruksi merupakan faktor yang harus dapat dikendalikan untuk mencegah *cost overrun* [15].

Lebih spesifik pada pekerjaan konstruksi rumah sakit di Vietnam, faktor penyebab utama *cost overrun* karena pekerjaan tambah, *rework*, dan penambahan volume [16].

Dari uraian ini dapat kita simpulkan bahwa faktor utama penyebab *cost overrun* adalah:

1. kurang sempurna, tidak akurat, bahkan sampai dengan kesalahan desain,
2. kekurangan dan atau kesalahan dalam proses estimasi dan detail perhitungan rencana anggaran biaya, termasuk dalam hal ini perumusan lingkup pekerjaan, perhitungan volume, perhitungan waktu, penetapan metode kerja, sampai dengan perhitungan final anggaran biaya,
3. *rework* atau perbaikan pekerjaan akibat dua hal tersebut diatas.

Konstruksi Digital

Digitalisasi kini sudah menjadi gerakan revolusi pola kehidupan manusia. Perkembangan teknologi digital yang sangat cepat telah merubah semua, baik dari cara hidup, maupun gaya hidup. Sama dengan lainnya, perkembangan dan tingkat penggunaan software meningkat pada kalangan pelaku industri konstruksi, baik pada tahap perencanaan, pengawasan, maupun pelaksanaan.

S. Parusheva menyimpulkan adanya pemenuhan unsur produktifitas, percepatan pelaksanaan, penghematan waktu, serta perbaikan proses desain, membuat digitalisasi merupakan hal penting dalam perkembangan dunia saat ini, termasuk konstruksi [17].

J. Whyte menyatakan bahwa meningkat pesatnya peran digitalisasi telah mengubah pola pelaksanaan konstruksi saat ini, hal ini terlihat pada proyek mega infrastruktur di UK telah menerapkan hal ini, seperti *Heathrow Terminal 5*, London 2012 *Olympics*, *Crossrail*, *High Speed 2*. Pemerintah UK sendiri mewajibkan penerapan BIM sejak tahun 2016 [18].

Konsep BIM sudah ada sejak tahun 1970-an. Meskipun demikian istilah *Building Information Modelling* (BIM) mulai populer setelah *Autodesk* merilis sebuah makalah yang berjudul "*Building Information Modeling*" disekitar tahun 2002. Istilah *Building Information Modeling* kembali muncul dipertengahan tahun 2005 ketika *US General Service Administration* (GSA) membuat keputusan untuk membangun gedung pengadilan baru di Jackson, Mississippi.

T. O. Olawumi dan D. W. M. Chan di Hongkong menyimpulkan kegunaan BIM diantaranya meningkatkan produktifitas dan efisiensi, kemampuan simulasi performa bangunan, serta pencapaian kualitas desain yang lebih baik [19].

T. Chowdhury dkk menyampaikan berbagai studi internasional menunjukkan teknologi digital berpotensi meningkatkan produktifitas dan laba. BIM, RFID, *Cloud Computing*, GIS, GPS, dan *Mobile Computing* akan menjadi teknologi peningkatan kinerja yg berkembang [5].

2. Metode

Penelitian sebelumnya telah mempelajari faktor-faktor penyebab *cost overrun* pada berbagai negara, termasuk di Indonesia. Penelitian-penelitian tersebut ada yang bersifat umum tetapi ada juga yang khusus pada pekerjaan tertentu seperti *Hospitals*, *High Rise Building*, *Building* dan Infrastruktur. Penelitian mengenai konstruksi digital juga telah dilakukan, dengan beberapa sistem yang saat ini dikategorikan sebagai *digital construction*, seperti BIM, RFID, *Cloud Computing*, GIS, GPS, dan *Mobile Computing*. Tetapi belum ada penelitian yang membahas secara khusus untuk *cost overrun* yang terjadi setelah implementasi konstruksi digital terutama BIM pada konstruksi gedung Indonesia. Sehingga penulis berharap penelitian ini dapat menutup *research gap* tersebut.

Penelitian ini mengadopsi beberapa penelitian sebelumnya dengan menggunakan survei kuisisioner untuk mengum-

pulkan data informasi tentang persepsi *stakeholder* konstruksi terhadap *cost overrun* yang terjadi setelah implementasi konstruksi digital dalam pada variabel desain, estimasi, dan *rework*. Penelitian ini menggunakan survei kuisioner dengan pertanyaan-pertanyaan variabel penyebab *cost overrun* pada penelitian sebelumnya. Variabel ini dipilih hanya diambil variabel yang bersinggungan langsung dengan penerapan konstruksi digital, dalam hal ini BIM, untuk diteliti lebih lanjut persepsi terhadap seluruh *stakeholder* konstruksi gedung.

Jenis data yang digunakan berupa data kuantitatif. Data kuantitatif yang terukur secara langsung dalam bentuk rentang prosentase bilangan atau angka diperlukan untuk mengamati *cost overrun* yang terjadi setelah implementasi konstruksi digital, serta perubahan unsur kinerja biaya sebagai akibat dari *cost overrun* dan digitalisasi. Sumber data primer diperoleh melalui kuisioner kepada pelaku jasa konstruksi yang telah menerapkan implementasi BIM dalam kegiatan konstruksinya, serta data rentang pencapaian perubahan kinerja biaya pada akhir kontrak.

Kuisioner akan dibagi pada dua bagian utama, bagian pertama pertanyaan terkait profil responden mulai dari nama, usia, tingkat pendidikan, jabatan, pengalaman kerja, dan proyek yang telah/ sedang dikerjakan dengan menggunakan BIM. Bagian kedua pertanyaan terkait besar rentang nilai *cost overrun* akibat variabel utama setelah implementasi konstruksi digital dan perubahan unsur kinerja biaya.

Analisis dengan menggunakan regresi linear berganda dengan telah melakukan uji validitas dan reliabilitas sebelumnya.

Relative Importance Index

S. T. Kometa dkk [20] dan M. Sambasivan dan Y. W. Soon [21] menggunakan metode RII untuk menentukan *relative importance* dari berbagai penyebab keterlambatan. RII akan dikalkulasikan pada setiap faktor atau pernyataan (i) berdasarkan jawaban responden dan dihitung menggunakan persamaan (1) [22].

$$RII_i = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 + 5n_5}{5(n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5)} \quad (1)$$

Keterangan:

- RII_i = *Relative Importance Index* untuk tiap faktor i.
 n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 = Jumlah responden yang memberi skor "1" mewakili sangat tidak berpengaruh; "2" mewakili sedikit berpengaruh; "3" mewakili cukup berpengaruh; "4" mewakili banyak berpengaruh; "5" mewakili sangat berpengaruh.

2.1. Populasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada pelaku konstruksi gedung Indonesia yang dikerjakan oleh kontraktor skala besar nasional dan pada proyek yang telah mengimplementasikan konstruksi digital (BIM) selama masa konstruksi. Proyek yang diambil dalam masa konstruksi setelah dikeluarkannya PerMen PUPR terkait BIM tersebut atau pada tahun 2018 sampai dengan saat ini.

Pelaku konstruksi gedung ini baik yang bertugas pada lokasi proyek dari kalangan pemberi tugas (*owner*) baik pemerintah maupun swasta, Konsultan Perencana, Konsultan Pengawas/MK, sampai dengan Kontraktor dengan tingkatan *Project Manager, Site Engineer/Project Engineering Manager, Site Manager/Project Production Manager, Engineering Staff, Production Staff*, serta yang bertugas di kantor pusat disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Sampel dan Responden

Nama Proyek	Variabel X	Person in Charge
Proyek Konstruksi Gedung Masa Konstruksi Tahun 2018 sd Saat Ini	1. Desain	1. <i>Project Manager</i>
	2. Estimasi	2. <i>Engineering Manager</i>
	3. Perbaikan kesalahan pekerjaan (<i>rework</i>)	3. <i>Planner</i>
		4. <i>Drafter</i>
	5. <i>Quantity Engineer</i>	
	6. <i>Cost Engineer</i>	
	7. <i>Procurement</i>	
	8. <i>Engineering staff</i>	
	9. <i>Production Manager</i>	
	10. <i>Quality Manager</i>	

2.2. Variabel dan Definisi Operasional

Untuk mempermudah dan membatasi permasalahan yang ada diperlukan definisi konseptual yang diteliti dibatasi pada variabel yang dijadikan acuan penelitian:

1. Desain

Variabel desain dalam penelitian ini untuk menganalisis pendapat responden terkait *cost overrun* yang terjadi akibat hasil perencanaan yang dibuat setelah implementasi

konstruksi digital pada tahap akhir masa pelaksanaan konstruksi.

2. Estimasi

Variabel estimasi dalam penelitian ini untuk menganalisis pendapat responden terkait *cost overrun* yang terjadi akibat hasil estimasi yang dibuat setelah implementasi konstruksi digital pada tahap akhir masa pelaksanaan konstruksi.

3. Perbaikan kesalahan pekerjaan (*rework*)

Variabel perbaikan kesalahan pekerjaan dalam penelitian ini untuk menganalisis pendapat responden terkait *cost overrun* yang terjadi akibat *rework* yang terjadi karena tidak

sempurnanya proses desain dan estimasi yang dibuat setelah implementasi konstruksi digital pada tahap akhir masa pelaksanaan konstruksi.

Variabel dalam penelitian ini akan dinilai dengan menggunakan skala *likert* 5 pilihan. Variabel yang akan diteliti terkait kemampuan implementasi konstruksi digital (BIM) pada proses desain, estimasi, dan perbaikan kesalahan pekerjaan (*rework*), dengan beberapa indikator penjabaran dari masing- masing variabel terbut.

Variabel penelitian merupakan uraian penyebab fenomena yang akan kita ukur dengan menggunakan beberapa dimensi dan indikator sesuai dengan **Tabel 2**.

Tabel 2. Variabel dan Indikator yang diteliti

Variabel	Dimensi	Indikator	Pertanyaan	No	
Desain (X1) [3], [8], [9], [23], [24], [7]	Kualitas desain [9], [8],	1. <i>Cost Overrun</i> akibat kesalahan desain [9], [8],	1. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan desain setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X11a	
		2. <i>Cost Overrun</i> akibat desain tidak efektif [23], [24], [2]	2. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat desain tdk efektif setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X12a	
		3. <i>Cost Overrun</i> jika desain menggunakan digitalisasi [25], [26], [19]			
		Perubahan desain [2], [23]	1. <i>Cost Overrun</i> akibat perubahan desain [2], [23]	3. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat perubahan desain setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X13a
			2. <i>Cost Overrun</i> akibat seringnya perubahan desain [1], [7]	4. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat seringnya perubahan desain setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X14a
			3. <i>Cost Overrun</i> akibat keterlambatan desain [14]		
	4. <i>Cost Overrun</i> jika perubahan desain dikurangi dengan menggunakan digitalisasi [25], [26], [19]		5. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat keterlambatan desain setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X15a	
	Estimasi (X2) [10], [24], [1], [3]	Volume [27], [10]	1. <i>Cost Overrun</i> akibat kesalahan perhitungan volume [27], [10]	1. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan perhitungan volume setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X21a
			2. <i>Cost Overrun</i> jika estimasi volume menggunakan digitalisasi [25], [19]		
		Waktu [24], [1]	1. <i>Cost Overrun</i> akibat kesalahan perhitungan waktu [24], [1]	2. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan perhitungan waktu setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X22a
			2. <i>Cost Overrun</i> akibat durasi pekerjaan dan waktu pelaksanaan tdk realistis [1], [8]		
			3. <i>Cost Overrun</i> jika estimasi waktu menggunakan digitalisasi [25], [19]	3. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat durasi pekerjaan dan waktu pelaksanaan tdk realistis setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X23a
Biaya [28], [2], [3]			1. <i>Cost Overrun</i> akibat kesalahan perhitungan biaya [28], [2]		
	2. <i>Cost Overrun</i> akibat proses estimasi tidak akurat [29]	4. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan perhitungan biaya setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X24a		

Variabel	Dimensi	Indikator	Pertanyaan	No
		3. <i>Cost Overrun</i> jika estimasi biaya menggunakan digitalisasi [25], [19]	5. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat proses estimasi tidak akurat setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X25a
Rework (X3) [16], [2], [7]	Tingkat kesulitan pekerjaan [2]	1. <i>Cost Overrun</i> akibat kompleksitas pekerjaan [2]	1. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kompleksitas pekerjaan yang tergambar setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X31a
		2. <i>Cost Overrun</i> akibat kesalahan pelaksanaan [7]	2. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan pelaksanaan yang tidak tergambar setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X32a
		3. <i>Cost Overrun</i> jika tingkat kesulitan pekerjaan dikurangi dengan menggunakan digitalisasi [25], [19]	3. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat sering / terlalu banyak perubahan pekerjaan yang dapat tergambar setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X33a
	Perubahan pekerjaan [29], [1],	1. <i>Cost Overrun</i> akibat sering / terlalu banyak perubahan pekerjaan [29], [1], [30], [28]	7. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat buruknya management / tata kelola proyek setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X34a
		2. <i>Cost Overrun</i> jika tingkat perubahan pekerjaan dapat tergambar menggunakan digitalisasi [25], [19]	8. Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat komunikasi / koordinasi yg kurang baik antar para pihak setelah menggunakan digitalisasi / BIM	X35a
		3. <i>Cost Overrun</i> jika tata kelola proyek dan koordinasi pekerjaan antar para pihak terintegrasi menggunakan digitalisasi [25], [19]		
	Management /tata Kelola proyek [2], [14]	1. <i>Cost Overrun</i> akibat buruknya management / tata kelola proyek [2]		
		2. <i>Cost Overrun</i> akibat komunikasi / koordinasi yg kurang baik antar para pihak [14]		
	Kinerja Biaya (Y)	Biaya langsung	1. Upah	1. Berapa perubahan kinerja biaya upah yang terjadi setelah menerapkan digitalisasi / BIM
2. Bahan			2. Berapa perubahan kinerja biaya bahan yang terjadi setelah menerapkan digitalisasi / BIM	Y12b
3. Alat			3. Berapa perubahan kinerja biaya alat yang terjadi setelah menerapkan digitalisasi / BIM	Y13b
4. Sub kontraktor			4. Berapa perubahan kinerja biaya subkontraktor yang terjadi setelah menerapkan digitalisasi / BIM	Y14b
Biaya tak langsung		1. Biaya operasional	5. Berapa besar pengaruh deviasi / perubahan kinerja biaya operasional yang terjadi setelah menerapkan digitalisasi / BIM	Y15b
		2. Dll		
Nilai	1. Perubahan pekerjaan	6. Berapa total perubahan kinerja biaya	Y16b	

Variabel	Dimensi	Indikator	Pertanyaan	No
	kontrak	2. Nilai akhir kontrak	yang terjadi setelah menerapkan digitalisasi / BIM	
			7. Berapa perubahan kinerja biaya nilai akhir kontrak yang terjadi setelah menerapkan digitalisasi / BIM	Y17b

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengolahan Data Setelah Digitalisasi

Uji Validitas

Tabel 3. menunjukkan hasil uji validitas menggunakan item *correlation* dari variabel desain setelah digitalisasi.

Tabel 3. menunjukkan bahwa masing-masing indikator yaitu X11A, X12A, X13A, X14A, dan X15A berturut-turut memiliki nilai item *correlation* sebesar 0,790, 0,798, 0,918, 0,915, dan 0,853. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa seluruh indikator dari variabel desain setelah digitalisasi telah valid.

Tabel 3. Uji Validitas Variabel Desain Setelah Digitalisasi

No.	Indikator	Item Correllation	Keterangan
1	X11A	0,790	Valid
2	X12A	0,798	Valid
3	X13A	0,918	Valid
4	X14A	0,915	Valid
5	X15A	0,853	Valid

Tabel 4 menunjukkan hasil uji validitas menggunakan item korelasi dari variabel estimasi setelah digitalisasi.

Tabel 4 menunjukkan bahwa masing-masing indikator yaitu X21A, X22A, X23A, X24A, dan X25A berturut-turut memiliki nilai item korelasi sebesar 0,780, 0,890, 0,891, 0,884, dan 0,878. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa seluruh indikator dari variabel estimasi setelah digitalisasi telah valid.

Tabel 5 menunjukkan hasil uji validitas menggunakan item korelasi dari variabel *rework*/perbaikan pekerjaan setelah digitalisasi. **Tabel 5.** menunjukkan bahwa masing-masing indikator yaitu X31A, X32A, X33A, X34A, dan X35A berturut-turut memiliki nilai item korelasi sebesar 0,874, 0,873, 0,895, 0,899, dan 0,850. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa seluruh indikator dari variabel perbaikan pekerjaan setelah digitalisasi telah valid.

Tabel 6 menunjukkan hasil uji validitas menggunakan item korelasi dari variabel kinerja biaya setelah digitalisasi.

Tabel 6 menunjukkan bahwa masing-masing indikator yaitu Y11B, Y12B, Y13B, Y14B, Y15B, Y16B, dan Y17B berturut-turut memiliki nilai item *correlation* sebesar 0,819,

0,776, 0,853, 0,879, dan 0,737, 0,873, 0,855. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa seluruh indikator dari variabel kinerja biaya setelah digitalisasi telah valid.

Tabel 4. Uji Validitas Variabel Estimasi Setelah Digitalisasi

No.	Indikator	Item Correllation	Keterangan
1	X21A	0,780	Valid
2	X22A	0,890	Valid
3	X23A	0,891	Valid
4	X24A	0,884	Valid
5	X25A	0,878	Valid

Tabel 5. Uji Validitas Variabel *Rework* Setelah Digitalisasi

No.	Indikator	Item Correllation	Keterangan
1	X31A	0,874	Valid
2	X32A	0,873	Valid
3	X33A	0,895	Valid
4	X34A	0,899	Valid
5	X35A	0,850	Valid

Uji Reliabilitas

Tabel 7 menunjukkan hasil uji reliabilitas dari variabel-variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian. suatu variabel dapat dikatakan reliabel apabila memiliki nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,600 keatas. **Tabel 7** menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki nilai *Cronbach's Alpha* diatas 0,600 sehingga seluruh variabel dapat dikatakan reliabel.

Hasil Regresi Linear dan RII

Tabel 8 menunjukkan hasil dari uji kebaikan model penelitian setelah digitalisasi, dari **Tabel 8.** ditunjukkan nilai adjusted r square sebesar 0,522 atau sebesar 52,2% yang artinya variabel bebas dalam model yaitu variabel desain, variabel estimasi, variabel perbaikan pekerjaan dapat menjelaskan keragaman dari variabel terikatnya yaitu variabel kinerja biaya sebesar 52,2% sedangkan 47,8% lainnya dijelaskan oleh variabel bebas lain yang tidak disertakan dalam model penelitian. Setelah digitalisasi di-

dapat nilai R Square sudah meningkat cukup tinggi untuk menjelaskan keragaman dan tingkat hubungan cukup kuat antar variabel bebas dan terikat.

Tabel 6. Uji Validitas Variabel *Rework* Setelah Digitalisasi

No.	Indikator	Item Correllation	Keterangan
1	Y11B	0,819	Valid
2	Y12B	0,776	Valid
3	Y13B	0,853	Valid
4	Y14B	0,879	Valid
5	Y15B	0,737	Valid
6	Y16B	0,873	Valid
7	Y17B	0,855	Valid

Tabel 7. Uji Reliabilitas

No.	Variabel	Cronbach's Alpha	Keterangan
1	Desain Setelah Digitalisasi	0,908	Reliabel
2	Estimasi Setelah Digitalisasi	0,915	Reliabel
3	Perbaikan Pekerjaan Setelah Digitalisasi	0,924	Reliabel
4	Kinerja Biaya Setelah Digitalisasi	0,923	Reliabel

Tabel 9 menunjukkan hasil uji simultan dari penelitian, dari **tabel 9** didapatkan nilai statistik uji dari uji F sebesar 20,677 dengan P-value sebesar 0,00 (dibawah taraf signifikansi alpha sebesar 0,05). Dengan demikian dengan taraf signifikansi lima persen dapat dinyatakan bahwa terdapat pengaruh simultan yang signifikan dari variabel bebas penelitian yaitu variabel desain, variabel estimasi, dan variabel perbaikan pekerjaan terhadap variabel terikatnya yaitu variabel biaya kinerja.

Tabel 8. Uji Kebaikan Model

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.741 ^a	.549	.522	.51812

a. Predictors: (Constant), X3A, X2A, X1A

b. Dependent Variable: YB

Berdasarkan Hasil Uji Parsial (Uji T) setelah digitalisasi didapatkan hasil berikut ini:

1. Pengaruh Variabel Desain terhadap Variabel Biaya Kinerja. Pada tabel 10. ditunjukkan nilai koefisien beta untuk pengaruh variabel desain terhadap variabel biaya

kinerja sebesar 0,333 dengan P-value sebesar 0,042. Hal tersebut mengartikan bahwa variabel desain memiliki hubungan positif (Kofisien Beta = 0,333) dan signifikan (P-value = 0,042 < 0,05) terhadap variabel biaya kinerja.

2. Pengaruh Variabel Estimasi terhadap Variabel Biaya Kinerja. Pada tabel 10. ditunjukkan nilai koefisien beta untuk pengaruh variabel estimasi terhadap variabel biaya kinerja sebesar 0,327 dengan P-value sebesar 0,046. Hal tersebut mengartikan bahwa variabel estimasi memiliki hubungan positif (Kofisien Beta = 0,327) dan signifikan (P-value = 0,046 < 0,05) terhadap variabel biaya kinerja.
3. Pengaruh Variabel Perbaikan Pekerjaan terhadap Variabel Biaya Kinerja. Pada tabel 10. ditunjukkan nilai koefisien beta untuk pengaruh variabel perbaikan pekerjaan terhadap variabel biaya kinerja sebesar 0,032 dengan P-value sebesar 0,842. Hal tersebut mengartikan bahwa variabel perbaikan pekerjaan memiliki hubungan positif (Kofisien Beta = 0,032) dan tidak signifikan (P-value = 0,842 > 0,05) terhadap variabel biaya kinerja.

Tabel 9. Hasil Uji Simultan (Uji F)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	16.653	3	5.551	20.677	.000 ^b
	Residual	13.691	51	.268		
	Total	30.344	54			

a. Dependent Variable: YB

b. Predictors: (Constant), X3A, X2A, X1A

Tabel 10. Hasil Uji Parsial (Uji T)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error				Tolerance	VIF
	(Constant)	1.007	.380	2.654	.011		
1	X1A	.333	.159	.398	2.091	.042	.244
	X2A	.327	.160	.349	2.042	.046	.303
	X3A	.032	.160	.034	.200	.842	.314

a. Dependent Variable: YB

Pada **Tabel 11** menunjukkan bahwa mayoritas responden menyatakan variabel desain setelah digitalisasi dapat menyebabkan *cost overrun* dibawah 1%. Pada **Tabel 12** menunjukkan bahwa mayoritas responden menyatakan variabel estimasi setelah digitalisasi dapat menyebabkan *cost overrun* dibawah 1%. Pada **Tabel 13** menunjukkan bahwa mayoritas responden menyatakan variabel perbaikan pekerjaan setelah digitalisasi dapat menyebabkan *cost overrun* dibawah 1%.

Pada **Tabel 14** menunjukkan RII Kinerja Biaya sesudah digitalisasi, hal ini terlihat bahwa kinerja total keseluruhan biaya menempati peringkat teratas diikuti oleh kinerja biaya

bahan, dan kinerja biaya upah dengan nilai penambahan biaya dibawah 1%.

Tabel 11. Mayoritas Jawaban Responden Atas Variabel Desain Setelah Digitalisasi

No	Pertanyaan	Penambahan Biaya
X11a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan desain SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	< 1%
X12a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat desain tdk efektif SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X13a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat perubahan desain SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	< 1%
X14a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat seringnya perubahan desain SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X15a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat keterlambatan desain SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%

Tabel 12. Mayoritas Jawaban Responden Atas Variabel Estimasi Setelah Digitalisasi

No	Pertanyaan	Penambahan Biaya
X21a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan perhitungan volume SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X22a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan perhitungan waktu SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X23a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat durasi pekerjaan dan waktu pelaksanaan tdk realistis SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X24a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan perhitungan biaya SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X25a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat proses estimasi tidak akurat SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%

Tabel 13. Mayoritas Jawaban Responden Atas Variabel Perbaikan Pekerjaan Setelah Digitalisasi

No	Pertanyaan	Penambahan Biaya
X31a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kompleksitas pekerjaan yang tergambarkan SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X32a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat kesalahan pelaksanaan yang tidak tergambarkan SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X33a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat sering / terlalu banyak perubahan pekerjaan yang dapat tergambarkan SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X34a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat buruknya management / tata kelola proyek SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%
X35a	Berapa besar penambahan biaya yang terjadi akibat komunikasi / koordinasi yg kurang baik antar para pihak SETELAH menggunakan digitalisasi / BIM	<1%

Tabel 14. Hasil Uji RII Kinerja Biaya Setelah Digitalisasi

No	Pertanyaan	Sesudah	RII Indeks	Rank
Y1	Berapa perubahan kinerja biaya upah yang terjadi SESUDAH menerapkan digitalisasi / BIM	<1%	0.724	3
Y2	Berapa perubahan kinerja biaya bahan yang terjadi SESUDAH menerapkan digitalisasi / BIM	<1%	0.727	2
Y3	Berapa perubahan kinerja biaya alat yang terjadi SESUDAH menerapkan digitalisasi / BIM	<1%	0.698	6
Y4	Berapa perubahan kinerja biaya subkontraktor yang terjadi SESUDAH menerapkan digitalisasi / BIM	<1%	0.716	4
Y5	Berapa perubahan kinerja biaya operasional yang terjadi SESUDAH menerapkan digitalisasi / BIM	<1%	0.695	7
Y6	Berapa total perubahan kinerja biaya yang terjadi SESUDAH menerapkan digitalisasi / BIM	<1%	0.749	1
Y7	Berapa perubahan kinerja biaya nilai akhir kontrak yang terjadi SESUDAH menerapkan digitalisasi / BIM	<1%	0.702	5

3.2. Penambahan Kinerja Biaya Setelah Digitalisasi

Digitalisasi desain dan proses estimasi terbukti mampu menekan *cost overrun* dengan signifikan (*cost overrun* kurang dari 1%), sehingga hal ini dapat lebih mendalam diterapkan dalam setiap proses terutama perencanaan. Memastikan desain yang lebih detil, sehingga mendapatkan estimasi yang akurat, dan mengurangi potensi seringnya perubahan desain juga mampu mengurangi *rework* di lapangan.

Kualitas desain yang lebih baik [19], dengan transformasi karakteristik informasi digital yang serba memudahkan [18], serta peningkatan produktivitas segala lini dengan berbagai macam teknologi [5] terbukti dapat dilakukan dengan implementasi konstruksi digital.

Salah satu kelemahan hasil penelitian ini tidak dapat menunjukkan signifikansi variabel *rework* terhadap kinerja biaya, walaupun beberapa penelitian maupun secara pengalaman lapangan menunjukkan bahwa variabel ini juga menjadi penyebab utama *cost overrun* konstruksi gedung Indonesia [29].

Hasil analisa menunjukkan bahwa setelah menerapkan digitalisasi ketiga variabel ini menyebabkan *cost overrun* < 1%. Hal ini menunjukkan bahwa digitalisasi berpotensi mampu menghasilkan *cost reduction* yang signifikan.

Digitalisasi desain dan estimasi mampu mengurangi *cost overrun* dengan signifikan. Sehingga sangat perlu untuk diterapkan di lapangan untuk mengurangi *rework*.

4. Simpulan

Setelah digitalisasi urutan tiga besar perubahan komponen pembentuk biaya terjadi pada total kinerja biaya, biaya bahan, dan biaya upah dengan *cost overrun* < 1%.

Berdasarkan analisa dan pembahasan sebelumnya dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian pada konstruksi gedung Indonesia sebagai berikut:

1. Setelah digitalisasi tiga variabel tersebut berpengaruh menghasilkan *cost overrun* < 1%
2. Digitalisasi mampu mengurangi potensi *cost overrun* dengan signifikan pada variabel desain dan estimasi.
3. Digitalisasi berpotensi menghasilkan *cost reduction*, dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut secara detil
4. Setelah digitalisasi urutan perubahan pada kinerja biaya terjadi pada total biaya produksi, biaya bahan, dan biaya upah

Daftar Pustaka

- [1] M. Gunduz and O. L. Maki, "Assessing the risk perception of cost overrun through importance rating," *Technol. Econ. Dev. Econ.*, 2018, doi: 10.3846/20294913.2017.1321053.
- [2] T. C. Keng, N. Mansor, and Y. K. Ching, "An Exploration of Cost Overrun in Building Construction Projects.," *Glob. Bus. Manag. Res.*, 2018.
- [3] K. S. Ali AS, "Cost Performance For Building Construction Projects In Klang Valley," *J. Build. Perform.*, 2010.
- [4] M. Miri and M. Khaksefidi, "Cost Management in Construction Projects: Rework and Its Effects," *Mediterr. J. Soc. Sci.*, 2015, doi: 10.5901/mjss.2015.v6n6s6p209.
- [5] T. Chowdhury, J. Adafin, and S. Wilkinson, "Review of Digital Technologies to Improve Productivity of New Zealand Construction Industry," *J. Inf. Technol. Constr.*, 2019, doi: 10.36680/J.ITCON.2019.032.

- [6] B. I. M. PUPR, "Institut BIM Indonesia, Panduan Adopsi BIM dalam Organisasi," *Jakarta Pus. Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknol.*, 2018.
- [7] K. Ullah, A. H. Abdullah, S. Nagapan, S. Sohu, and M. S. Khan, "Measures to mitigate causative factors of budget overrun in Malaysian building projects," *Int. J. Integr. Eng.*, 2018, doi: 10.30880/ijie.2018.10.09.032.
- [8] A. H. Memon, I. A. Rahman, and A. A. A. Azis, "Preliminary Study on Causative Factors Leading to Construction Cost Overrun," *Int. J. Sustain. Constr. Eng. Technol.*, 2011.
- [9] B. P. Issn, "Cost Performance for Building Construction Projects in Klang Valley," *J. Build. Perform.*, vol. 1, no. 1, pp. 110–118, 2010.
- [10] C. Series, "Investigation on the Factors Influencing Construction Time and Cost Overrun for High-Rise Building Projects In Penang Investigation on the Factors Influencing Construction Time and Cost Overrun for High-Rise Building Projects In Penang," 2018.
- [11] Z. Shehu, I. R. Endut, A. Akintoye, and G. D. Holt, "Cost overrun in the Malaysian construction industry projects: A deeper insight," *Int. J. Proj. Manag.*, 2014, doi: 10.1016/j.ijproman.2014.04.004.
- [12] A. Senouci, A. Ismail, and N. Eldin, "Time Delay and Cost Overrun in Qatari Public Construction Projects," 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.632.
- [13] N. Al-Hazim, Z. A. Salem, and H. Ahmad, "Delay and Cost Overrun in Infrastructure Projects in Jordan," 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.105.
- [14] S. Sohu, A. H. Abdullah, S. Nagapan, N. A. Memon, R. Yunus, and M. F. Hasmori, "Causative factors of cost overrun in building projects of Pakistan," *Int. J. Integr. Eng.*, 2018, doi: 10.30880/ijie.2018.10.09.005.
- [15] A. S. Rathi and P. V Khandve, "Study of Factors Influencing Cost Overruns: An Overview," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 334–336, 2016, doi: 10.21275/v5i3.nov161792.
- [16] S. Y. Kim, K. N. Tuan, J. Do Lee, H. Pham, and V. T. Luu, "Cost overrun factor analysis for hospital projects in Vietnam," *KSCE J. Civ. Eng.*, 2018, doi: 10.1007/s12205-017-0947-5.
- [17] S. Parusheva, "Digitalization and Digital Transformation in Construction – Benefits and Challenges TECHNOLOGIES IN Proceedings of the International Conference dedicated to the 50th anniversary of the Department of Informatics University of Economics – Varna," no. October, 2019.
- [18] J. Whyte, "How Digital Information Transforms Project Delivery Models," *Proj. Manag. J.*, 2019, doi: 10.1177/8756972818823304.
- [19] T. O. Olawumi and D. W. M. Chan, "Identifying and prioritizing the benefits of integrating BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts," *Sustain. Cities Soc.*, 2018, doi: 10.1016/j.scs.2018.03.033.
- [20] S. T. Kometa, P. O. Olomolaiye, and F. C. Harris, "Attributes of UK construction clients influencing project consultants' performance," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 12, no. 5, pp. 433–443, 1994.
- [21] M. Sambasivan and Y. W. Soon, "Causes and effects of delays in Malaysian construction industry," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 25, no. 5, pp. 517–526, 2007.
- [22] T. Raz, R. Barnes, and D. Dvir, "A Critical Look at Critical Chain Project Management," *Proj. Manag. J.*, 2003, doi: 10.1177/875697280303400404.
- [23] I. P. A. Wiguna and S. Scott, "Nature of the critical risk factors affecting project performance in Indonesian building contracts," 2005.
- [24] J. A. B. Awolesi, J. K. Fabi, and O. A. Akinseinde, "Assessment of contractors' mitigating measures for cost overrun of building projects in South-Western Nigeria," *J. Sustain. Dev.*, vol. 8, no. 9, pp. 139–146, 2015.
- [25] D. Bryde, M. Broquetas, and J. M. Volm, "The project benefits of building information modelling (BIM)," *Int. J. Proj. Manag.*, 2013, doi: 10.1016/j.ijproman.2012.12.001.
- [26] S. Parusheva, "Digitalization and Digital Transformation in Construction – Benefits and Challenges," *Proc. Int. Conf. Dedic. to 50th Anniv. Dep. Informatics, Univ. Econ. Varna*, 2019.
- [27] P. F. Kaming, P. O. Olomolaiye, G. D. Holt, and F. C. Harris, "Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia," *Constr. Manag. Econ.*, 1997, doi: 10.1080/014461997373132.
- [28] Rathi & Khandve, "Study of Factors Influencing Cost Overruns: An Overview," *Int. J. Sci. Res.*, 2016, doi: 10.21275/v5i3.nov161792.
- [29] R. Susanti and A. Nurdiana, "Cost Overrun in Construction Projects in Indonesia," 2020, doi: 10.1088/1755-1315/506/1/012039.
- [30] Y. Rosenfeld, "Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns," *J. Constr. Eng. Manag.*, 2014, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0000789.

Halaman ini sengaja dikosongkan